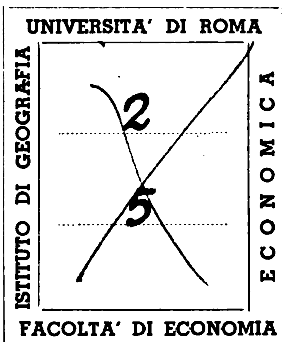
MANUALI HOEPLI

Prof. G. BOCCARDI

LEZIONI DI COSMOGRAFIA

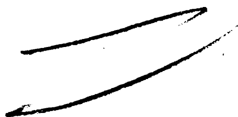
IN SOSTITUZIONE DEL MANUALE DI B. M. LA LETA
= COSMOGRAFIA =

ULRICO HOEPLI
EDITORE-LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO


UNIVERSITA' DI ROMA
ISTITUTO DI GEOGRAFIA
ECONOMICA
2
5
FACOLTA' DI ECONOMIA


ISTITUTO DI GEOGRAFIA ECONOMICA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
ROMA

1) Cosmografia
2) Astronomia
3) Pianeti
4) Luna
5) Terra
6) Sole.



LEZIONI

DI

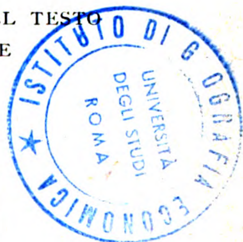
COSMOGRAFIA

MANUALI HOEPLI

LEZIONI
DI
COSMOGRAFIA

DI
GIOVANNI BOCCARDI
Prof. ordinario di Astronomia nella R. Università di Torino
Direttore del R. Osservatorio di Pino Torinese

CON 20 INCISIONI NEL TESTO
E DUE TAVOLE





ULRICO HOEPLI
EDITORE-LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO
1916

Tipografia Umberto Allegretti. — Milano, via Orti, 2.

PREFAZIONE

Invitato dal solerte e benemerito libraio editore Ulrico Hoepli a curare una seconda edizione del manuale: Cosmografia *della sua collezione, mi convinsi fin da principio che il manuale era da rifare completamente, sia per quel che concerne la precisione della esposizione, sia pel livello della medesima. D'altra parte la collezione Hoepli conta diversi manuali che trattano di argomenti affini, se non pure identici, quali:* Astronomia, Gravitazione, Sfere cosmografiche, *ecc., per modo che il mio programma era bello e tracciato.*

Mi proposi dunque di non trattare argomenti già svolti in quei manuali, o di farlo in modo tanto diverso da rendere sempre utile la lettura di questo manuale e degli altri. Il vocabolo Cosmografia *essendo un po' elastico* (¹), *io lo presi nel senso di* Astronomia di posizione o sferica, *in modo da evitare gli argomenti di Astronomia descrittiva, di Astrofisica, della Teoria delle orbite* (²), *ecc. Ma esporre l'Astronomia sferica in*

(¹) Effettivamente nell'antico manuale vi è un po' di tutto.

(²) Di questa ho dato appena pochi cenni, ma sarebbe pregio dell'opera che la collezione Hoepli potesse vantare un volume sulla *Teoria delle orbite,* come lo hanno collezioni simili in altri paesi.

forma tanto elementare da non supporre nel lettore, non che cognizioni di Matematiche superiori, nemmeno nozioni di Trigonometria e di Algebra, era còmpito, almeno per me, molto difficile. D'altra parte non potevo piegarmi a dare spiegazioni sommarie, che servono soltanto a moltiplicare i dubbî nella mente del lettore profano; mi fu quindi d'uopo spendere non lieve fatica per giungere ad esporre in forma elementarissima, eppure con relativa completezza, quasi tutti gli argomenti dell'Astronomia sferica. Se non che, per restringermi nel numero di pagine di un manualetto Hoepli, ho dovuto sacrificare la parte storica (che sarebbe stata interessante) e rinunciare a facili digressioni circa l'immensità e la magnificenza del cielo stellato. I profani troveranno altrove pubblicazioni storiche e poetiche sull'Astronomia.

Per rendermi più agevole il còmpito assunto, prescelsi la forma non propriamente di dialogo ma di riassunti di conversazioni e il tono di famigliare colloquio, in modo da non essere costretto a dare per ogni argomento un capitolo, ma di poter tornare più e più volte sull'istesso argomento. Le ripetizioni che in un trattato classico sarebbero state generalmente fuori di luogo, divenivano permesse in trattenimenti alla buona; mentre il poter dare continui ritocchi alle teorie mi metteva in grado di svolgerle con relativa profondità.

Se l'amor proprio non mi fa velo (come purtroppo è possibile) sembrami di essere riuscito a fare di questo volumetto un manuale sufficientemente completo di Astronomia sferica in forma

elementarissima, manuale che potrà essere utile non ai soli dilettanti ma agli stessi studiosi come utile preparazione ad un corso più elevato.

Se poi non sono riuscito nell'intento, non mi resta che chieder venia all'editore ed ai lettori.

Intanto rendo grazie al ch.mo dott. Ettore Roggero, assistente in questo R. Osservatorio, il quale si è compiaciuto di leggere attentamente il manoscritto e di darmi aiuto nella correzione delle bozze.

R. Osservatorio di Pino Torinese, settembre 1915.

G. BOCCARDI.

INDICE



LEZIONE I

I. Eccoti a passar le vacanze estive su questa collina del R. Osservatorio di Pino Torinese, in mezzo a parecchi astronomi. La curiosità con cui, percorrendo i viali che si stendono per più centinaia di metri, ti fermi davanti ad ogni capannone da istrumenti, le continue domande che rivolgi ora all'uno ora all'altro di noi dicono chiaro che in te è viva la brama di entrare un pochino addentro alle segrete cose. Ebbene io mi fo a contentarti col tenerti semplici chiacchierate, invece di lezioni sistematiche, dando a te piena facoltà d'interrompermi e di domandarmi spiegazioni; però devo avvertirti che, mancandoti quelle cognizioni matematiche che acquisterai nel Liceo e poi nell'Università, le mie spiegazioni, ancorchè in forma elementare (per quanto mi sarà possibile) ti lasceranno talvolta insoddisfatto. Pazienza! Ad ogni modo queste chiacchierate alla buona serviranno a liberarti da tante false idee che purtroppo hanno voga fra i profani dell'astronomia, nonchè a dare una base elementare sì, ma esatta e sicura a quella formazione scientifica che conseguirai in appresso.

Queste chiacchierate avranno un poco di quel disordine che caratterizza i colloquii familiari; più e più volte torneremo sull'istesso argomento, ma chi leg-

gerà la riproduzione di quanto ti dirò, non avrà la noia che accompagna un corso sistematico di argomenti astrusi svolti dinanzi a dilettanti.

II. Questa sera saliamo su questo poggio e guardiamoci attorno. Tu ammiri il panorama notturno e non ristai dal ripetere che questa dev'essere una bella sede per una Specola, ed hai ragione. Abbiamo fatto sorgere qui il nuovo Osservatorio dell'Università di Torino, perchè l'Astronomia moderna, che è di alta precisione, non può contentarsi delle sedi infelici che possono aversi in seno alle città, su i tetti delle chiese o di alti palazzi, sopra alte torri e via dicendo.

Vedi, nessun oggetto impedisce la nostra visuale verso Sud, se non è qualche leggero increspamento del terreno. Ti crederesti in alto mare. A Nord poi si dispiega la maestosa corona delle Alpi, ma a tale distanza che i colossi del Monte Rosa, del Gran Paradiso, ecc. appariscono come collinette perdute nella lontananza. In somma qualunque oggetto celeste si elevi un pochino sul nostro orizzonte noi lo vediamo, non v'è nulla che ce lo nasconda. Ma guarda! Ti ho parlato di orizzonte, di Nord, di Sud; mentre forse tu non hai un concetto esatto di quello che significhino tali espressioni. Sta dunque a sentire. Io prendo questo filo a piombo e tenendo fra due dita l'estremità del cordoncino, lascio il piombino fermarsi nella posizione di riposo. Il cordoncino così teso rappresenta quello che in Geometria hai chiamato una retta che puoi immaginare prolungata dalle due estremità, indefinitamente, questa retta è la *verticale* e ti convincerai che essa è perpendicolare alla superficie che assumono le acque in riposo o stagnanti. Se adesso tu immagini un piano condotto perpendicolarmente alla verticale, piano che si estenda tutt'intorno fino alla volta celeste, avrai il piano dell'*orizzonte apparente* in questo punto. L'estremità superiore del piom-

bino se tu la supponi prolungata fino alla volta celeste, segnerà su di essa un punto che si chiama *zenit*; l'altra estremità indica il punto opposto chiamato *nadir*. Ogni punto della superficie terrestre ha il suo zenit e il suo nadir. Lo zenit di questo poggio non è lo stesso dello zenit di quel padiglione là.

Io poi non devo dire a te che la nostra Terra ha presso a poco la figura di una palla (di una *sfera* in linguaggio geometrico); ora, se pel centro di questa immensa sfera noi supponiamo condotto un piano parallelo a quello che abbiamo chiamato orizzonte apparente, questo piano segnerà l'*orizzonte razionale*.

Nota bene che il piano dell'orizzonte apparente non può coincidere con la superficie visibile del nostro pianeta, per esempio con tutta questa regione che ci circonda, e se fossimo in mezzo al mare aperto, il piano del nostro orizzonte non potrebbe combaciare (coincidere) in ogni punto con la distesa delle acque. Queste, sulla Terra, prendono la forma di una superficie quasi sferica; ma un piano non può combaciare con la superficie di una sfera, esso può toccarla soltanto in un punto. Nel caso nostro, il piano dell'orizzonte apparente passa per la punta del piombino e tocca soltanto in quel punto la superficie terrestre; tutto il resto della regione (e se fossimo in mare tutta la distesa delle acque) sta geometricamente al disotto di quel piano.

Qui, a 618 metri di altitudine sul mare, l'orizzonte è ampio, ma relativamente alla superficie del globo noi vediamo ben poca cosa. La nostra vista è limitata tutt'intorno da un giro, da un cerchio che può chiamarsi cerchio di orizzonte o meglio *cerchio di visione*. In una contrada assolutamente piana, meglio in alto mare, quel cerchio di visione è assolutamente regolare, è un vero cerchio e dipende da una parte dall'altezza nostra sulla superficie del mare (altitudine) e

dall'altra dalla curvatura della Terra. Te lo spiego. Se prendi questo lungo spillo e lo conficchi quasi tutto entro un'arancia, dalla capocchia dello spillo si vedrà una parte della superficie dell'arancia, se tiri su a poco a poco quello spillo, si vedrà maggior parte dell'arancia, se quello spillo potesse raggiungere un metro di lunghezza, si vedrebbe quasi una intera metà dell'arancia. Se adesso prendi un popone e conficchi lo spillo come prima, la superficie del popone visibile dalla capocchia a parità di altezza (sull'arancia e sul popone) è veramente maggiore che sull'arancia; ma rispetto al popone quello che se ne vede è una piccolissima parte. Mentre per vedere quasi tutta una metà dell'arancia ti bastava metterti ad un metro da essa, per vedere la metà del popone, devi scostarti cinque o sei metri.

Tornando alla Terra, più ci eleviamo sulla sua superficie, più ne vediamo, più si estende il cerchio di visione. Se poi supponiamo di rimanere alla stessa altezza sulla Terra e questa impiccolirsi rimanendo sempre sferica, noi vedremo sempre maggior parte della superficie terrestre, man mano che il globo diventa più piccolo. Quando una sfera va impiccolendosi la sua curvatura aumenta, cioè essa differisce più da una superficie piana. Se prendi una moneta da cinque centesimi e la poggi sull'arancia, vedi subito che la moneta si distacca assai dalla superficie dell'arancia, se poi la metti in contatto con la superficie del popone, vedrai che per poco non si confonde con essa.

Si può calcolare fino a quale distanza si stenda la nostra vista sul globo terrestre, supposto senza rugosità, com'è in alto mare, nell'Oceano. Se ci supponiamo ad un metro di altezza, per esempio, seduti in barca, il cerchio di visione ha un raggio di poco più di tre chilometri e mezzo. Se l'osservatore si eleva a

618 metri sul mare, com'è il nostro caso, il cerchio di visione avrebbe sul mare libero 89 km. di raggio. Così ti spieghi come di quassù noi vediamo i monti soprastanti a Genova e col cannocchiale distinguiamo perfino gli edifizi che li coronano. Se poi ci trovassimo sulla vetta del Monviso, che tu vedi là alla nostra destra (siamo volti a mezzogiorno), cioè a 3883 metri sul mare, la vista si stenderebbe a 200 e più chilometri. Sulla più alta vetta dell'Himalaya ad 8840 m. il raggio del cerchio di visione si stenderebbe a 330 km.; ma l'Himalaya trovasi in una regione tanto alta sul mare e questo è tanto lontano!

Bada bene di non confondere la lunghezza del raggio visuale (1), dall'occhio dell'osservatore (ch'è il vertice del cono) al mare, col raggio del cerchio di visione base di quel cono. Questo raggio è più corto del lato del cono.

Se noi potessimo elevarci a 100 km. sulla Terra e questa fosse illuminata sufficientemente, ne vedremmo una parte notevole, per es. tutta l'Italia e i mari che la bagnano; a 200 km. ne vedremmo molto dipiù e così via via. Tu comprendi che ad una distanza pari a quella della Luna (384 400 km.) noi vedremmo presso a poco un intero emisfero della Terra. Similmente, guardando la Luna che è un globo più piccolo della Terra, noi ne vediamo quasi un intero emisfero. Dico quasi perchè tu che hai studiato un po' di Geometria sai che qui l'occhio nostro è come il vertice di un cono retto a base circolare e questo cono è circoscritto alla Luna; ora, per vedere esattamente tutto un emisfero della Luna, dovremmo circoscrivere a questa non un cono, ma un cilindro retto, che avrebbe per base un circolo massimo della Luna, che è quasi una

(1) L'apotema del cono.

sfera; ma i raggi visuali così tangenti alla Luna non andrebbero a riunirsi in un punto, com'è il caso dell'occhio nostro, sarebbero invece paralleli fra loro. Però, date le piccole dimensioni della Luna e la distanza cui la vediamo, il suo diametro apparente, espresso in arco, ossia l'angolo fra le visuali condotte a due punti del disco lineare diametralmente opposti, è molto piccolo, la base di quel cilindro tangente alla Luna è così piccola che si confonde quasi con quella del cono.

III. Hai veduto che trattandosi di piccole distanze, le dimensioni e la curvatura del globo influivano sul cerchio di visibilità relativo agli oggetti sulla Terra; ma se trattasi delle stelle, che, come sai, si trovano a distanze inconcepibili, le dimensioni della Terra spariscono affatto, il piccolo raggio terrestre che separa il luogo ove noi siamo dal centro della Terra, e quindi rappresenta la distanza fra l'orizzonte apparente e l'orizzonte razionale, quel raggio è come un punto rispetto alla distanza delle stelle. Dunque, *rispetto alle stelle l'orizzonte apparente si confonde col razionale.* In conclusione, noi che siamo qui ed un ipotetico osservatore che si trovasse al centro della Terra, vedremmo una data stella passare nell'istante medesimo pel piano dell'orizzonte.

E poichè parliamo del sorgere delle stelle, mettiamoci con le spalle a settentrione e con la faccia verso la parte dove si vede il Sole durante tutto il giorno, cioè verso Sud; ma prima nota bene che altra cosa è la regione, la plaga del mezzogiorno, altra cosa il *punto Sud.* Similmente la parte del cielo ed anche della Terra volta a settentrione, o ad oriente o ad occidente non va confusa rispettivamente coi punti Nord, Est ed Ovest. Mi riserbo di dirti più tardi che cosa fissi i quattro punti cardinali o di orientamento; ma per ora ci basti dire: volgiamoci verso mezzogiorno.

Dunque, situatici così, ecco vediamo alla nostra sinistra far capolino all'orizzonte una bella stella di 1ª grandezza. Essa è la prima stella della costellazione detta *Pesce australe* e, con nome arabo, chiamasi *Fomalhaut*. Volgiamoci quindi un poco ad oriente, vedremo verso l'orizzonte una stella di 2ª grandezza, α di *Andromeda*. Tutte e due sorgono, ma non si elevano alla stessa altezza sul nostro orizzonte. *Fomalhaut* rimane sempre bassa, α *Andromeda* ci si eleva quasi sul capo. Seguiamo adesso per un poco *Fomalhaut;* vedi che si è staccata dall'orizzonte e si è spinta più verso mezzogiorno; salirà così alquanto e, dopo tre ore e mezza, comincerà a discendere per tramontare poi ad occidente. Non è così di α *Andromeda*, essa si eleverà assai spingendosi un poco verso mezzogiorno, ma rimarrà 15 ore sull'orizzonte e poi tramonterà. Domani, di giorno, potremmo seguirla col cannocchiale e constatare che lungo giro essa faccia elevandosi molto vicino allo zenit. Se poi ci volgiamo a settentrione e guardiamo quelle due stelle che sono chiamate le *guardie* della costellazione dell'*Orsa Maggiore*, le vedremo elevarsi e poi abbassarsi, ma non sparire mai sotto l'orizzonte, nè di notte, nè di giorno, se vogliamo seguirle col cannocchiale.

Ritieni dunque questo fatto:

Vi sono stelle verso mezzogiorno, le quali fanno capolino sul nostro orizzonte, percorrono un piccolo arco (che, come si può constatare, è un arco [1] di cerchio) e poi tramontano. Man mano che ci eleviamo con lo sguardo verso lo zenit, troviamo che le stelle che percorrono quella zona celeste sorgono e tramontano, percorrendo altresì un arco di cerchio ma molto più

[1] A rigore, pel fenomeno della rifrazione *(Lezione XXIII)* quel cammino non è un arco di cerchio; ma se si diffalca la rifrazione, si ottiene quell'arco.

ampio, rimanendo a lungo sull'orizzonte. Se poi ci volgiamo a settentrione e guardiamo dall'altra parte dello zenit, vediamo stelle che percorrono quali presso a poco un intero cerchio, quali effettivamente cerchi interi, sicchè queste ultime salgono e scendono sull'orizzonte, ma non tramontano mai. A quel modo che verso mezzogiorno vediamo stelle così basse che sorgono, fanno capolino sull'orizzonte e pochi minuti dopo tramontano, verso settentrione alcune stelle allorchè sono più basse rasentano l'orizzonte. Infine altre stelle, anche quando sono nella parte più bassa del cerchio che descrivono, rimangono a certa altezza sull'orizzonte.

Noterai che i piani di tutti questi cerchi sono paralleli fra loro e che i cerchi delle stelle che non tramontano mai e rimangono sempre alte sull'orizzonte hanno tutti visibilmente lo stesso centro, sono concentrici sul piano di visione o di prospettiva sul quale appariscono; quel centro comune è il polo Nord celeste. Pei cerchi più grandi delle stelle che vediamo verso mezzogiorno non si potrebbe dire che sembrino avere lo stesso centro, però i loro piani sono paralleli e i loro centri sono tutti sopra una stessa retta che passa pel polo Nord e con l'altra estremità indica la direzione del polo Sud celeste, il quale nei nostri climi sta sotto l'orizzonte ed è sempre invisibile.

A dir vero, anche pei cerchi delle stelle a Nord i loro centri sono sopra la stessa retta indicata or ora e che chiamasi *asse polare,* perchè passa pei due poli celesti, però per un effetto di prospettiva a noi sembra che quei cerchi si trovino tutti sullo stesso piano ed allora i loro centri coincidono. Per convincertene, profittando della serenità del cielo, lasceremo per tutta la notte questa macchina fotografica volta a Nord, in modo che il suo asse ottico sia parallelo all'asse polare. Domattina in sull'alba la ritireremo, e quando tu avrai sviluppata la lastra, vi troverai una serie di

archi di cerchio quali sopra quali sotto, alcuni più grossi altri più sottili (fig. 1). Sono le immagini degli archi di cerchio descritti dalle stelle che circondano il polo Nord, durante il tempo della esposizione della lastra. La maggiore o minore grossezza degli archi dipende dal maggiore o minore splendore delle stelle, per modo che alcune dell'*Orsa Maggiore*, la *Stella Polare* che fa parte della costellazione dell'*Orsa Minore*, le stelle più fulgide di *Cassiopea*, ecc. lasciano un tratto più spesso, le altre di minor splendore lasciano tratti man mano più sottili, fino a quelle stelle che, essendo appena visibili, segnano come traccia del loro cammino archetti quasi insensibili.

Il trovarsi gli archi quali sopra, quali sotto, quali di fianco cioè volti con la loro concavità ora da un lato ora dall'altro, dipende da che ogni stella ha cominciato a segnare il proprio arco dal posto dove si trovava quando è cominciata l'esposizione della lastra. Gli archi però sono tutti concentrici, il polo Nord essendo il loro centro comune; inoltre linearmente le lunghezze degli archi sono differenti. Tu sai infatti che con un semplicissimo apparecchio, composto di un'asticella di legno avente alla estremità una piccolissima rotella di ottone che si può far scorrere sopra qualsiasi curva, si trasforma in linea retta il contorno di una curva e se ne può quindi avere la lunghezza; e se con siffatto strumentino tu riporti sopra una retta i contorni di quei diversi archi troverai che essi hanno lunghezze differenti. Ma se col *rapportatore* (semicerchio graduato che indica il numero di gradi di un angolo o di un arco) misurerai in gradi e frazioni di grado quei diversi archi, troverai che tutti abbracciano lo stesso numero di gradi. Se, per esempio, lascerai esposta la lastra per sei ore continue, l'arco sarà di $6 \times 15^0 = 90^0$; se per 8 ore, troverai $8 \times 15^0 = 120^0$, e così via. Ed invero tutte le stelle compiono il giro

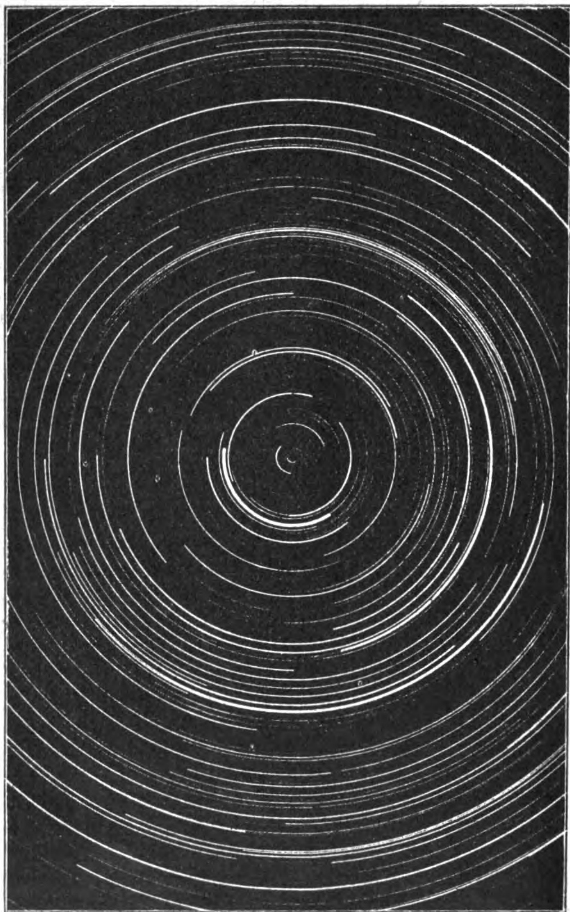


Fig. 1.
Da una bella fotografia del Sig. Augusto Vautier — Dufour.

rispettivo intorno al polo nello stesso tempo, che è appunto quello che impiega la Terra a compiere una rotazione intorno al proprio asse; infatti tu sai dalla Geografia astronomica che il moto della volta celeste da oriente verso occidente, moto pel quale gli astri sorgono giungono alla massima altezza e poi tramontano, è soltanto apparente, mentre è la Terra che ruota intorno al proprio asse da occidente ad oriente, e presenta successivamente tutti i suoi meridiani alle medesime stelle. Facendo dunque le stelle un giro completo di 360^0, in 24 ore circa [1], la velocità in 1^h sarà di $\frac{360^0}{24} = 15^0$. Per ogni ora una stella qualunque pel suo moto apparente intorno al polo percorre 15^0. Evidentemente in un minuto primo di tempo (che si indica con 1^m), cioè nella 60^a parte di un'ora (1^h) [2], l'arco percorso da ogni stella sarà eguale a

$$\frac{15^0}{60} = \frac{15 \times 60'}{60} = 15'.$$

È evidente che il percorso espresso in gradi e frazioni di grado è 15 volte maggiore del percorso misurato col tempo trascorso, cioè in ore, minuti, secondi e frazione di 1^s. Ricordati dunque questa corrispondenza o ragguaglio:

$$1^h = 15^0; \qquad 1^m = 15'; \qquad 1^s = 15''.$$

IV. Se poi vuoi una rappresentazione sensibile di questi vari giri delle stelle, prendi un'asticella e infilavi parecchi anelli di gomma di grandezze differenti,

(1) Si vedrà in seguito che la rotazione della Terra si fa in poco meno di 24 ore di quel tempo ordinario, ch'è di uso generale.

(2) In latino l'ora si esprime con ***hora***. Quindi l'indicazione *h* per indicare le ore, siccome *m* indica il minuto primo di tempo, *s* il minuto secondo.

ponendone in mezzo uno più grosso di tutti e simmetricamente, di qua e di là di esso, anelli sempre più piccoli. Quell'anello più grosso di tutti rappresenta quel cerchio che chiamasi *equatore celeste* e trovasi in corrispondenza con l'equatore terrestre, ossia nel piano di questo supposto prolungato fino alla sfera celeste. Le stelle che si trovano sull'equatore celeste descrivono, al girare apparente della volta celeste il massimo dei cerchi. L'asticella rappresenta l'*asse polare* del mondo, che è parallelo all'asse di rotazione della Terra, e se tu supponi il centro della Terra centro della volta celeste, la quale ci apparisce sferica e chiamasi infatti *sfera celeste*, quei due assi, quelle due linee ideali, coincidono.

Supponiamo un fantoccio disteso e fermo lungo quell'asticella, sotto all'anello più grosso e premuto da esso contro l'asticella; egli se avesse veri occhi, vedrebbe quegli anelli non solo paralleli fra loro, ma tutti coi loro piani perpendicolari all'asse ideale dell'asticella nonchè al piano sul quale supponiamo disteso e immobile quel fantoccio. Così accadrebbe ad un osservatore reale che si trovasse sull'equatore terrestre; egli vedrebbe tutte le stelle descrivere cerchi coi piani perpendicolari all'orizzonte. Se invece supponiamo il fantoccio disteso lungo un'altra linea ideale, che fosse inclinata all'asticella, passando però sempre pel centro dell'anello più grosso, egli vedrebbe i piani degli anelli inclinati al suo orizzonte; lo stesso accade a chi si trova sulla Terra in un luogo qualunque fra l'equatore ed uno dei poli; per lui tutte le stelle sorgono, salgono obliquamente all'orizzonte e tanto più obliquamente rispetto alla verticale del luogo, quanto più questo è lontano dall'equatore.

Da ultimo, se tu metti l'occhio ad una delle estremità dell'asticella, vedrai l'anello più grosso e degli altri vedrai soltanto quelli che sono da quella parte

dell'anello grosso dove tu hai l'occhio. I rimanenti anelli ti saranno nascosti. Lo stesso accadrebbe ad un osservatore situato in uno dei poli della Terra; per esempio, al polo Nord; egli vedrebbe le stelle che sono all'equatore percorrere un cerchio massimo rasente all'orizzonte; tutte le altre stelle comprese fra l'equatore celeste e il polo Nord ei le vedrebbe similmente descrivere cerchi, coi piani paralleli all'orizzonte, e tanto più piccoli quanto più le stelle si alzano sull'orizzonte. Ogni stella, percorrendo il suo cerchio, rimarrebbe sempre alla stessa altezza; questa s'intende misurata in gradi, cioè misurata dall'angolo fra l'orizzonte e la visuale alla stella. Questo osservatore avrebbe sul suo capo, allo zenit, il polo Nord celeste, cioè quel polo che appartiene all'emisfero dove si trovano le costellazioni dell'Orsa Maggiore e della Minore; questo punto è segnato in cielo dalla estremità dell'asse di rotazione della Terra, che è il polo Nord terrestre dove supponiamo l'osservatore. Questi vedrebbe tutte le stelle situate nell'emisfero celeste boreale, ma nessuna dell'emisfero australe; invece un osservatore situato sul polo Sud vedrebbe tutte e sole le stelle dell'emisfero australe descrivere cerchi coi piani paralleli all'orizzonte e al limite di questo le stelle situate sull'equatore celeste.

V. Come illustrazione di quanto ti ho detto finora, prendiamo questo globo celeste, ch'è un globo simile ai globi terrestri delle scuole. Anch'esso è diviso in meridiani e paralleli, quelli essendo circoli massimi passanti pei poli e questi circoli minori coi loro piani perpendicolari all'asse polare; ma invece di rappresentare i mari, i continenti, le regioni terrestri, quel globo ha tracciate su di sè le costellazioni celesti. Ora, disponiamo questo globo in modo che l'asse intorno a cui esso gira sia parallelo all'asse polare, facendo col nostro orizzonte un angolo di 45°, ch'è presso a

poco la latitudine del luogo terrestre dove siamo. L'asse di questo globo essendo così parallelo all'asse celeste, l'equatore del piccolo globo si trova nel piano dell'equatore celeste. Questi cerchi minori che vedi tracciati sul globo e vanno tanto più impiccolendosi quanto più si avvicinano ai poli, si chiamano *paralleli* perchè hanno i loro piani paralleli a quello dell'equatore celeste ch'è perpendicolare all'asse polare. Questi altri grandi cerchi che passano pei due poli e sono eguali fra loro sul globo terrestre si chiamerebbero meridiani, qui invece si chiamano *circoli orari* delle stelle, chè sopra ognuno di essi trovansi di molte stelle. Vedremo in seguito il perchè di questa denominazione.

Intanto rifletti a questo. Abbiamo situato il globo terrestre con l'asse parallelo a quello celeste e così vi è corrispondenza, coincidenza fra i piani dei circoli orarî di questo globo e quelli dei circoli orarî celesti, siccome vi è coincidenza fra il piano dell'equatore di questo globo e quello dell'equatore celeste; ma se tu prolunghi in cielo i piani dei paralleli del globo che abbiamo qui, quei piani si confondono tutti in cielo, corrispondono ad un sol cerchio che non si distingue dall'equatore celeste, ciò perchè le dimensioni di questo piccolo globo (ed anche quelle di tutta la Terra) sono evanescenti, spariscono rispetto alla immensità della sfera celeste. La *distanza lineare* (bada a questo) fra l'equatore ed un parallelo sia su questo globo sia sulla Terra tutta quanta è nulla rispetto alla sfera celeste, ma la *distanza angolare* di un parallelo dall'equatore, l'angolo fra il piano dell'equatore e un raggio del globo condotto per un punto qualunque del parallelo, sul piccol globo della Terra, è eguale alla distanza angolare di un parallelo celeste dall'equatore. Dunque, per trovare corrispondenza fra i paralleli del piccol globo (o della Terra) e quelli della sfera celeste,

devi supporre un cono che abbia il vertice nel centro di questo globo (o della Terra) e per base il parallelo che consideri; questo cono, prolungato fino alla sfera celeste, segnerà su di essa il parallelo celeste corrispondente, sul quale si troveranno le stelle corrispondenti a quelle tracciate sul parallelo di questo piccol globo celeste.

Facciamo adesso girare lentissimamente questo globo intorno al proprio asse e notiamo le stelle che sono tracciate sopra un circolo orario. Esse girano intorno all'asse del globo e se in una posizione poniamo il circolo orario del globo nel piano del circolo orario celeste sul quale si trovano effettivamente in cielo le stelle suddette, e poi facciamo compiere al globo una rotazione completa nello stesso tempo che impiega la Terra a girare intorno all'asse, accadrà che le stelle del cielo e le loro immagini su questo globo saranno in continua corrispondenza. Essendo il moto apparente della sfera celeste assolutamente uniforme, si può prendere come mezzo di misura del tempo, e infatti gli astronomi usano il giorno *sidereo* [1] che, senza coincidere con la durata della rotazione terrestre, è vicinissimo ad essa, e si divide in ore, minuti, secondi di tempo sidereo. Questo tempo non va confuso col tempo ordinario, usato nella vita civile, che ha per unità il giorno solare medio, giorno il quale è un poco più lungo del giorno sidereo, chè questo vale soltanto $23^h.56^m$ circa di tempo solare. In seguito ti spiegherò meglio queste cose.

---

[1] Dal latino *sidus-eris* astro. Non diciamo *tempo siderale*, ch'è un deplorevole francesismo.

LEZIONE II

I. Questa sera entreremo nella 1ª *sala meridiana.* Vedi questo padiglione o capannone da istrumenti? Esso chiamasi la sala meridiana, perchè vi si osservano gli astri quando *passano pel meridiano.* La voce *meridiano* non ti riesce nuova, perchè in Geografia ti hanno insegnato che ogni circolo massimo della sfera passante per due poli del globo terrestre si chiama *meridiano* terrestre, e che i luoghi o punti del globo che si trovano sopra la metà di un meridiano, da un polo all'altro, hanno la stessa longitudine, sia λ; quelli che sono sopra l'altra metà hanno pure la stessa longitudine fra loro, ma questa differisce di 180^0 dalla prima, cioè è eguale a $180^0 + \lambda$.

Ma qui parliamo di stelle, di astri che passano pel meridiano, e tu hai ragione di domandarmi il significato di questa espressione. Stammi a sentire. Ieri sera, guardando il cielo, seguendo per diverse ore le stelle nel loro moto apparente, abbiamo veduto che ognuna di esse sale, si eleva fino ad una certa altezza sull'orizzonte e poi comincia a discendere. Questo salire e scendere ha luogo tanto per le stelle che sorgono e tramontano, nascondendosi per qualche tempo, quanto per quelle che non tramontano mai e si chiamano *circumpolari*, cioè circondanti il polo, che per noi è il polo Nord. Tu sai pure che molto vicino al

polo Nord si trova una stella, α dell'*Orsa Minore*, che chiamasi perciò la *Polare*. Però anch'essa descrive un piccolissimo cerchio (parallelo) intorno al polo Nord, dal quale dista soltanto $1^{\circ}.7'$ (nel 1920); questa piccola distanza dal polo è misurata in arco sopra un circolo massimo, che è qui il cerchio orario della *Polare*.

Dunque, per ognuna delle stelle evvi una posizione, in cui essa si trova al massimo di altezza sull'orizzonte; si dice allora che la stella *passa pel meridiano superiore* del luogo dove si osserva. Per le stelle che non tramontano mai (1), evvi altresì un istante in cui la loro altezza sull'orizzonte è minima, e si dice che allora le circumpolari passano *inferiormente* al meridiano, cioè sono a 180^{0} dal meridiano superiore. Il passaggio superiore si dice anche *culminazione*.

Ma tu ricorderai la corrispondenza che ieri abbiamo trovata fra i gradi della sfera celeste e le ore, che cioè ad un angolo di 15^{0} fra due circoli orarî corrisponde un'ora, che s'indica con 1^{h}. Quei circoli orarî servono a darci l'ora delle stelle. Se per esempio chiamiamo *ora zero* l'istante in cui una data stella passa al meridiano, un'altra che si trovasse sopra un circolo orario che facesse un angolo di 15^{0} col circolo orario *zero* segnerebbe *un'ora* di tempo delle stelle; una terza stella, il circolo orario della quale si trovasse a 30^{0} da quello della prima indicherebbe *due ore* di quel tempo, e così via fino a 23^{h}. La 24^{esima} ora coincide con l'ora zero. In questo modo le stelle, col girare apparente della sfera celeste, costituiscono una specie di orologio; però in questo orologio (come in alcuni antichi) è il quadrante che gira mentre l'indice è fisso. Qui il quadrante che gira è la sfera celeste (2) con le

(1) Per le stelle che tramontano il loro passaggio inferiore non è osservabile.

(2) Qui seguiamo il linguaggio delle apparenze.

stelle situate a diverse ore di distanza le une dalle altre; l'indice poi (fisso) è il meridiano del luogo dove si osserva. Il circolo orario *zero* è caratterizzato non già da una stella, ma da un punto importantissimo della sfera celeste, cioè l'*equinozio di primavera*, ossia il *punto Ariete* detto pure il *punto* γ (¹). Così di una stella che si trovasse sul circolo orario a 15^0 da quello del punto γ, si dice che essa passa al meridiano 1^h dopo il punto γ; di una stella che sta a 30^0, si dice che passa 2^h dopo il punto γ. Ora questo dà un modo di fissare la posizione di una stella sulla sfera celeste.

II. Qui ti prego di richiamarti alla mente come si fissa la posizione di un punto terrestre sul globo, cioè mediante la sua longitudine e la sua latitudine. La prima indica quale angolo forma il meridiano che passa pel luogo col 1^0 meridiano, che è quello di Greenwich. Avendo poi noi assodata la corrispondenza fra 1^h e 15^0, 2^h e 30^0, ecc., ti sarà facile capire che la longitudine di un luogo terrestre si può indicare in ore, minuti e secondi di tempo, anzicchè in gradi, minuti e secondi di arco. Poichè la Terra nel ruotare intorno al proprio asse presenta successivamente al Sole i meridiani che passano pei diversi luoghi (città, paesi, ecc.), è chiaro che un luogo che si trovasse a 15^0 di longitudine orientale rispetto a Greenwich si presenterebbe al sole 1^h prima di Greenwich; sicchè se per quel luogo è mezzogiorno di tempo solare, per Greenwich sono le undici, se pel primo sono le due, per Greenwich è il tocco o l'una.

Ma poichè tutti i luoghi che appartengono allo stesso meridiano hanno la stessa longitudine, è evidente che la sola longitudine non può bastare a fissare la posi-

(¹) Tu che hai studiato un po' di greco sai che quel segno si legge *gamma*. Abbiamo dunque il *punto gamma*.

zione di un luogo terrestre; quindi si aggiunge la *latitudine* cioè la distanza del luogo dall'equatore, misurata non in chilometri o altra unità lineare ma in arco di circolo massimo (che qui è il meridiano) ed espressa in gradi, minuti e secondi di arco. Quando diciamo che questa 1ª sala meridiana ha la longitudine orientale eguale a $31^m.6^s,8$ e latitudine boreale eguale a $45^0.4'.22''$, abbiamo fissato il suo posto sulla Terra tutta quanta; nessun altro luogo terrestre ha la medesima longitudine e latitudine insieme. Sopra un globo terrestre, una carta geografica potremmo segnare il punto che corrisponde a questo luogo.

III. Se ci trovassimo all'equatore terrestre, il nostro zenit colpirebbe l'equatore celeste. Se poi dall'equatore ci spostassimo a poco a poco verso Nord, il nostro zenit (che se la Terra fosse sferica corrisponderebbe al prolungamento del raggio terrestre locale) colpirebbe successivamente paralleli celesti man mano più discosti dall'equatore, nell'emisfero boreale. Per es. giunti a 30^0 di latitudine sul globo, potremmo dire: il nostro zenit si trova sul parallelo celeste che sta a 30^0 dell'equatore celeste e così di seguito. E per conseguenza, se allo zenit passa il parallelo celeste boreale di 30^0, l'equatore celeste deve trovarsi verso Sud e precisamente 30^0 discosto dallo zenit; mentre il polo Nord celeste che all'equatore stava all'orizzonte, dove trovavasi pure il polo Sud, (1) si è elevato di 30^0 sull'orizzonte. Poichè dallo zenit all'orizzonte si hanno 90^0, l'equatore, discosto di 30^0 dallo zenit verso Sud, si eleverebbe di 60^0 sull'orizzonte, cioè il piano dell'equatore farebbe un angolo di 60^0 con quello dell'orizzonte.

Lasciando queste ipotesi, mettiamoci nel caso reale.

(1) Dalla parte opposta.

Ci troviamo alla latitudine boreale di $45^0 2' 22''$, cioè il nostro zenit si trova a $45^0 2' 22''$ dall'equatore celeste; e poichè il polo Nord sta a 90^0 di distanza dall'equatore, esso sta a distanza $90^0 0' 0'' - 45^0 2' 22'' = 44^0 57' 38''$ dal nostro zenit, ossia il polo Nord si eleva di $45^0 2' 22''$ sull'orizzonte; siccome l'equatore, dalla parte di Sud, si eleva di $44^0 57' 38''$ sull'orizzonte. Comprendi così che in ogni luogo terrestre l'altezza del polo sull'orizzonte è eguale alla distanza dello zenit dall'equatore e quindi alla latitudine del luogo. All'equatore terrestre dove la latitudine è nulla, l'altezza del polo (dei due poli) sull'orizzonte è eguale a zero.

IV. Torniamo adesso alle stelle. Più volte mi hai domandato come facciamo a raccapezzarci in mezzo a tante migliaia di stelle grosse e piccole, cioè più o meno fulgide. Le costellazioni, di cui già ti ho nominate alcune, sono certi aggruppamenti arbitrariamente ideati dagli antichi, secondo certe forme di animali, di fiumi, di personaggi mitologici, ecc.; ma le stelle componenti una costellazione (per es. le 7 grosse stelle di *Orione*) non hanno, in generale, nulla di comune fra loro, non sono legate da leggi, da moti d'insieme, non formano un sistema. Delle costellazioni ti darò in appresso qualche cenno, spiegandoti il planisfero celeste, (v. Tav. in fondo al vol.) ma adesso mi sta a cuore di farti capire come ritroviamo le stelle in cielo, non solo le più splendide, che si ritrovano, s'identificano mediante allineamenti, partendo da altre stelle già note, ma anche le più piccole, quelle che non si vedono ad occhio nudo.

Riprendiamo quel globo celeste; tu vi vedrai segnate molte stelle e tracciati meridiani (che qui sono circoli orari) e paralleli. Se applichiamo alle stelle quell'istesso modo con cui si fissano i luoghi terrestri, cioè se fissiamo la posizione delle stelle sulla sfera celeste, da una parte mediante la loro distanza in an-

golo orario da un circolo orario preso per origine (corrispondentemente al 1° meridiano in Geografia) e dall'altra mediante la distanza angolare (cioè in angolo, non in chilometri) dall'equatore celeste, avremo così per ogni stella l'equivalente della longitudine e latitudine dei luoghi terrestri. Ora per le stelle, la distanza in angolo orario del circolo (orario) di origine, che passa pel punto γ, non si chiama longitudine ma *ascensione retta* e noi la indicheremo con α; la distanza angolare di una stella dall'equatore non si chiama latitudine, ma *declinazione* e noi la indicheremo con δ. Ordinariamente l'ascensione retta si esprime in ore, minuti e secondi di tempo; la declinazione si esprime sempre in gradi, minuti, ecc.

A quel modo che nota la longitudine e la latitudine di un luogo terrestre, noi possiamo segnarlo sopra un globo terrestre, nota l'α e la δ di una stella, possiamo segnarne il posto sopra un globo celeste. Ma tu mi domandi come si fa a rinvenire in cielo una data stella, anzi in generale un astro qualunque anche non visibile ad occhio nudo, quando ne abbiamo l'ascensione retta e la declinazione. Il cielo non è un globo; su di esso non sono tracciati i circoli orarî; come si fa dunque a rinvenire in cielo, per es. un astro che avesse $\alpha = 3^h 4^m 20^s$ e $\delta = + 48^0 13' 26''$?

Ti dirò che l'orologio a pendolo che tu vedi in questa sala meridiana è regolato secondo il tempo delle stelle, perciò segna quasi sempre ore diverse da quelle degli altri orologi, cosa che finora tu non sapevi spiegarti. Quando passano pel meridiano di questa sala le stelle che hanno ascensione retta eguale a $0.^h\ 0.^m\ 0.^s$, l'orologio, se è assolutamente corretto, deve segnare $0.^h\ 0.^m\ 0.^s$; quando passano le stelle con $\alpha = 2.^h\ 0.^m\ 0.^s$, l'orologio deve segnare appunto quest'ora, e così via. Dunque per sapere quando la stella di cui abbiamo indicate le posizioni qui sopra

passa pel meridiano (cioè pel mezzo del campo del cannocchiale che tu vedi in mezzo alla sala) basterà guardare l'orologio; allorchè questo segnerà circa $3.^h\ 3.^m$ la stella sta per comparire nel campo del cannocchiale. Ma questo può avere tante posizioni diverse, pure muovendosi nel meridiano; può essere volto con l'obbiettivo allo zenit e allora ci farebbe vedere le stelle che culminano al nostro zenit, può essere volto all'orizzonte a Sud come a Nord, e allora ci farebbe vedere le stelle che compariscono appena all'orizzonte verso Sud o quelle circumpolari che nel passaggio inferiore rasentano l'orizzonte. Inclinato poi all'orizzonte, il cannocchiale ci farà vedere altre stelle. Insomma tutte le stelle che hanno

$$\alpha = 3.^h\ 4.^m\ 20.^s,$$

ossia che appartengono a questo circolo orario, hanno α eguale a questo numero di ore. Esse però si trovano quali più in alto quali più in basso rispetto al nostro orizzonte. Come dunque fare per inclinare il cannocchiale in modo da incontrar la stella che cerchiamo?

Ebbene, osserva questo istrumento che sta in mezzo alla sala; esso non è un cannocchiale ordinario, ma un istrumento astronomico più complicato, che chiamasi *cerchio meridiano,* perchè con esso si osservano gli astri soltanto quando passano pel meridiano. L'istrumento consta di un cannocchiale non dei più grandi, che ha nel suo mezzo e dai due lati due grossi e robusti bracci (in forma di tronco di cono), i quali costituiscono il suo asse e gli permettono di poggiare su due robusti pilastri, messi uno ad Oriente l'altro ad Occidente. Alzando o abbassando il cannocchiale col farlo girare intorno all'asse, che poggia su due cuscinetti d'acciaio saldamente connessi ai pilastri, il cannocchiale stesso è diretto a diverse plaghe del cielo;

ma come fare per puntarlo esattamente alla stella che cerchiamo? Dovremmo sapere qual'è l'altezza della stella sull'orizzonte oppure la sua distanza dallo zenit; però essendo questa altezza o la distanza zenitale archi espressi in gradi, minuti e secondi, ci occorre poter misurare questi archi, ed ecco il perchè di questo gran circolo graduato verticale, connesso col cannocchiale e col suo piano parallelo al meridiano, cioè a quel cerchio della sfera celeste che divide per metà l'arco di cui ogni stella sta sull'orizzonte. Come vedi, per poter leggere le più piccole divisioni su questo circolo vi sono quattro microscopi, i quali ingrandiscono le immagini delle parti in cui il circolo è diviso e ci fanno leggere perfino i decimi di 1''.

Essendo quel cerchio così situato, io posso leggere su di esso le altezze delle stelle sull'orizzonte, e se conosco qual'è la puntata che devo fare perchè l'asse ottico del cannocchiale sia diretto all'equatore celeste, conoscendo a qual distanza si trova la stella dall'equatore, saprò qual'è la puntata che devo fare perchè l'asse ottico sia diretto alla stella. Supponi che la puntata all'equatore, sia $0.^0\ 0.'\ 0.''$, per trovare la stella devo leggere sul cerchio $+\ 48.^0\ 13.'\ 26.''$ e puntare il cannocchiale con questa lettura. In generale però la puntata all'equatore non è zero, ma questo non fa nulla. Sia $10.^0\ 3.'\ 25.''$ la puntata all'equatore, perchè la stella sta $48.^0\ 13.'\ 26.''$ più in su, più discosto dall'orizzonte, io combinerò la lettura all'equatore con la declinazione ora scritta della stella, secondo il senso in cui vanno crescendo le letture. Se per alzare il cannocchiale le letture devono crescere, punterò a

$$10^0\ .\ 3'\ .\ 25'' + 48^0\ .\ 13'\ .\ 26'' = 58^0\ .\ 16'\ .\ 51''.$$

Se invece la stella è australe, per es. con:

$$\delta = -\ 5^0\ .\ 19'\ .\ 28'',$$

si punterà a

$$10^0 . 3' . 25'' - 5^0 . 19' . 28'' = 4^0 . 43' . 57''.$$

Ecco dunque che hai imparato a ritrovare una stella, anzi un astro qualunque in cielo col cerchio meridiano, quando se ne conoscono l'ascensione retta e la declinazione, che ne sono le *coordinate celesti equatoriali*. Vi è pure un altro modo di indicare la posizione degli astri, cioè esiste un altro sistema detto delle *coordinate ecclittiche ;* ma di esse, per ora, non posso parlarti.

IV. Su i globi non sono segnate che poche stelle relativamente a quelle che si possono vedere ad occhio nudo e moltoppiù rispetto a tutti i milioni di stelle che si osservano coi grandi cannocchiali. Anche i più profani in fatto di astronomia sanno che l'aspetto del cielo non è sempre lo stesso nel corso dell'anno. Di estate si vedono stelle diverse da quelle che si vedono d'inverno, salvo le circumpolari che si vedono sempre o sopra o sotto il polo. Ma a capo ad un anno si torna a vedere le medesime stelle. Ora il numero delle stelle visibili, ad occhio nudo, in un luogo dell'equatore terrestre (dove è possibile vedere tutte le stelle del cielo nel corso dell'anno) è di 5500 a 6500, secondo la potenza visiva dell'osservatore.

Tu sai pure che, secondo lo splendore, le stelle sono qualificate di 1ª grandezza, di 2ª, 3ª, ecc. Questo termine *grandezza* è mal scelto, perchè fa credere ai profani che esso serva ad indicare le dimensioni delle stelle, mentre noi intendiamo parlare soltanto del loro splendore, il quale diminuisce al crescere del numero che indica la grandezza; le stelle di 6ª grandezza sono visibili ad occhio nudo per chi ha notevole potenza visiva. Naturalmente gli splendori delle stelle hanno tante gradazioni diverse, di modo che dalla 1ª grandezza si passa alla 2ª mediante tanti gradi intermedî.

Si dice per es. grandezza 1,3; 1,8; 2,6 ecc. Il simbolo M (meglio che *m* il quale si confonde col simbolo di minuto di tempo) è adoperato per indicare le grandezze. Così si scrive

$$1^M,3; \quad 1^M,8; \quad 1^M,6; \text{ ecc.} \dots$$

Adesso tu vorresti sapere come si misuri la grandezza ossia lo splendore relativo delle stelle; esempio: una stella di 1ª grandezza di quanto è più splendida di una di 2ª? Io ti dirò che se tu avessi studiato i logaritmi potresti capir meglio l'espressione della legge di Pogsom; ad ogni modo ritienila nella forma seguente. Se G_1 e G_2 sono i numeri che esprimono le grandezze di due stelle, ed S_1, S_2 i numeri che esprimono lo splendore della prima e quello della seconda, tu capisci che se S_1 è più grande di S_2, sarà $G_1 < G_2$. Per esempio, se si tratta di una stella di 1ª grandezza e di una di 2ª, sarà $G_1 = 1$ e $G_2 = 2$, allora lo splendore S_1 della prima sarà maggiore di S_2, splendore della seconda, mentre G_1 (ossia 1) sarà minore di G_2 (ossia 2). Allora si ha questa relazione

$$\frac{S_1}{S_2} = (2,5)^{G_2 - G_1},$$

cioè se tu elevi il numero costante 2,5 alla potenza $G_2 - G_1$ data dalle differenze fra i numeri che esprimono le grandezze delle due stelle, avrai il rapporto dello splendore della stella più fulgida a quello dell'altra. Se per esempio hai una stella di 1^M ed una di 3^M, la luce della prima S_1, sarà eguale a

$$(2,5)^2 \times S_3 = 6,25 \times S_3,$$

cioè la stella di 1ª grandezza ha circa 6,25 volte più luce di una di 3ª.

Di stelle superiori alla 2^M ve n'è una sessantina; fra 2^M e 3^M ve ne sono circa 180; fra la 3^M e la 4^M

circa 600. Insomma fino alla 8ª grandezza si avvera presso a poco questa legge: Per avere il numero delle stelle comprese fra una grandezza M + 1 e la seguente M + 2, bisogna moltiplicare per 3 il numero delle stelle comprese fra la grandezza M + 1 e la precedente M.

Però dalla 8^M in poi quella legge non si avvera. Per esempio, il numero di stelle fra 9^M e 10^M non è di molto inferiore al numero di stelle fra 10^M ed 11^M. E poichè sono a dirti del numero delle stelle, aggiungerò che secondo numerosi scandagli, più o meno precisi, possiamo valutare, in cifra tonda, a 100 milioni le stelle accessibili ai più potenti mezzi d'investigazione. Ma, come sai, ed hai osservato col cannocchiale, vi sono in cielo certi raggruppamenti di stelle chiamati *ammassi*, nei quali non si può contare il numero di stelle che si sovrappongono e confondono le une con le altre. Nemmeno in una fotografia tu potresti contare tutte le stelle di un ammasso serrato o fitto; senza dire che in un ammasso siffatto le stelle che sono avanti nascondono quelle che son dietro, perchè un ammasso non sta in un piano.

I principali ammassi stellari sono quelli di *Ercole*, del *Cancro*, dello *Scorpione*, di *Ofiuco*, ecc. Ti ho pure detto più volte che quella larga fascia biancastra, irregolare e frastagliata, che si chiama Via Lattea, e tu vedi adesso quasi sul nostro capo, risulta composta da un immenso numero di stelle vicinissime fra loro.

Col semplice binoccolo ti ho poi mostrate alcune *nebulose*, cioè macchie biancastre esistenti in cielo; a mo' di esempio, ecco là quella di *Andromeda*, che si discerne anche ad occhio nudo. Essa è di forma oblunga e fu notata [1] da Galileo. Se protraessimo que-

(1) Era stata scoperta prima senza cannocchiale.

sta chiacchierata fino a tarda ora, ti mostrerei la bella nebulosa di *Orione*, ch'è la più grande di tutte. Di nebulose ve n'è in quasi tutte le plaghe del cielo, ma poche sono grandi; la massima parte si scorgono con cannocchiali più o meno potenti. Esistono diversi cataloghi di nebulose, fra cui uno che ne contiene ben 10 000. Di esse soltanto poche si scompongono in stelle vicinissime e si chiamavano *risolubili* perchè si risolvono, scindono in tante stelle; mentre chiamavansi *irrisolubili* quelle che con qualsiasi potente cannocchiale non si scomponevano mai in stelle. Ma oggi il nome di nebulose è quasi soltanto riservato a quelle macchie biancastre che non si scompongono in stelle e sono semplici ammassi di materia cosmica, non agglomerati di stelle. Del resto l'esame spettroscopico (v. manuale Hoepli: *Spettroscopia*) stabilisce una netta distinzione fra le nebulose *irrisolubili* e le *risolubili*.

Di stelle poi vi sono numerosi cataloghi. Un catalogo siffatto è un elenco di stelle, ognuna col proprio numero (chè i nomi non basterebbero) e con quei dati che le caratterizzano, cioè la sua posizione in cielo (in ascensione retta e declinazione), la grandezza, il moto proprio, per quelle che si spostano un pochino sulla sfera celeste, per modo che la loro α o la δ, o le due coordinate insieme, variano lentissimamente. Per tutte le stelle poi, i cataloghi dànno elementi numerici che permettono di seguire le variazioni di α e δ dovute alla precessione, di cui ti parlerò appresso (v. *Lezione XIII*).

LEZIONE III

I. Molte cose ti ho spiegate finora; ma per non farti perdere il filo del discorso e per non complicare ho dovuto essere incompleto e mancare di precisione. In astronomia gli argomenti si connettono strettamente l'uno con l'altro, sicchè a voler trattare di uno è lo stesso che il trarre una ciliegia da un paniere che ne contenga un gran numero. Entrando incidentalmente in un altro argomento si è costretti a spezzare quello che si sta svolgendo, donde la necessità di tornarvi su a diverse riprese.

Tu hai già capito che parlando di *sfera celeste* non abbiamo immaginato come gli antichi che nell'universo esistano vere sfere materiali di cristallo; l'espressione *sfera celeste* vuol dire che, pure non esistendo una sfera su cui si trovino gli astri, i quali invece stanno a distanze diversissime gli uni dagli altri, all'occhio nostro (se non ricorriamo a metodi per determinare le distanze celesti) quegli astri appariscono come esistenti sopra una sfera. Insomma allora noi usiamo il linguaggio delle apparenze, prescindendo dalle distanze degli astri, distanze in lunghezze o lineari, per fermarci soltanto alla loro posizione relativa, agli angoli fra le visuali che dall'occhio sono dirette ai diversi astri. Due qualunque di quelle visuali, per esempio quella diretta al centro della Luna e

l'altra diretta ad una stella, formano un angolo, che noi misuriamo ed esprimiamo in gradi, minuti, ecc. Tu sai bene che l'angolo formato da due rette è sempre lo stesso, che lo si misuri sopra un cerchio a piccolo raggio e col centro nel vertice o con un altro cerchio dal raggio molto lungo e con l'istesso vertice. Quando si dice angolo s'intende la divaricazione, la divergenza fra due rette (ossia due direzioni); l'elemento lunghezza (in metri, chilometri, ecc.) non c'entra. Così noi chiamiamo *distanza angolare* fra due punti celesti, per es. due stelle, l'angolo che formano le due visuali dirette a quei punti. Che adesso una delle due stelle sia a noi più vicina dell'altra, questo non cambia nulla alla cosa, cioè all'angolo fra le due direzioni. Quel ramo di astronomia, nel quale si studiano e misurano le posizioni relative agli astri, le loro distanze angolari, ecc., chiamasi *astronomia sferica* o di *posizione*.

II. Finora le visuali le abbiamo supposte dirette agli astri da un osservatore situato sulla superficie della Terra; ma per poter paragonare le osservazioni di posizione fatte da astronomi situati in diversi punti del globo terrestre relativamente all'istesso astro, per poter combinare insieme quelle osservazioni, bisogna riferire tutte le osservazioni ad un punto unico, e si sceglie il centro della Terra, immaginando quivi esistente un osservatore; in altri termini: data una osservazione fatta da un astronomo sulla superficie della Terra, si cerca come sarebbe quella osservazione se l'astronomo si fosse invece trovato nel centro della Terra. Si cambia la visuale diretta all'astro da quel punto della superficie nella visuale all'istesso astro (nell'istante medesimo) direttagli da un osservatore nel centro del nostro globo. Ogni cambiamento di direzione, trattandosi di visuali, costituisce quel che gli astronomi chiamano *parallasse*. Adesso ti spiegherò meglio la cosa.

Vedi quest'alberetto isolato in mezzo a questo campicello? Poniamoci tu ed io di fronte ad esso, a guardarlo, ma a certa distanza l'uno dall'altro, per es. a 10 metri. Io guardo l'arboscello e la visuale che dirigo (dal mio occhio) alla sua cima, prolungata al di là dell'albero va a finire a quella finestra del pianterreno della palazzina più grande, mentre la visuale dal tuo occhio alla cima dell'arboscello va a colpire un'altra finestra. L'angolo fra le nostre visuali è la parallasse dell'albero rispetto al segmento che va dal mio occhio al tuo.

In particolare s'intende per *parallasse* in astronomia l'angolo fra le visuali dirette all'istesso punto celeste da un punto della superficie del nostro globo e dal centro di questo. Quando senti dire: la parallasse della Luna, del Sole, di Marte, ecc. intendi: l'angolo fra le visuali dirette al centro della Luna, ecc. da un punto della superficie del globo e dal centro di questo. Fra il punto della superficie e il centro intercede tutto un raggio della Terra, e se supponiamo un osservatore situato nel centro della Luna, ecc. egli dirigerebbe due visuali diverse a quelle due estremità del raggio; l'angolo fra quelle due visuali (che è identico a quello fra le due visuali dirette a quel punto dalla superficie e dal centro del globo) è la parallasse della Luna, del Sole, ecc.

Quindi la parallasse di un astro [1] può definirsi come *l'angolo sotto il quale il raggio della Terra sarebbe veduto dal centro di quell'astro.*

Tornando all'alberetto, se, pur conservando la distanza di 10 metri fra il mio occhio e il tuo, io rimango fermo e tu giri intorno a me sopra la circon-

[1] Che non sia una stella, perchè per questi astri lontanissimi si prende un'altra base per l'angolo di parallasse.

ferenza di un cerchio, in qualunque punto ti troverai, la visuale da te diretta alla cima dell'albero cambia, mentre la mia rimane sempre la stessa, perchè non mi muovo; e variando la tua visuale, varia l'angolo che essa forma con la mia. Non è così? Per esempio, tu puoi metterti alla stessa mia distanza dall'albero, poniamo a 40 m., rimanendo sempre a 10 m. da me, e allora l'angolo che formavano le nostre visuali è il massimo possibile; invece girando tu attorno a me, sopra un cerchio di 10 m. di raggio, giungerà un punto in cui ti troverai fra me e l'albero, nel piano in cui è contenuta la mia visuale, oppure ti troverai dietro a me nell'istesso piano. Che cosa accadrà allora? La mia visuale e la tua saranno contenute nello stesso piano perpendicolare all'orizzonte. Ma se noi ci supponiamo di eguale statura e che la cima dell'arboscello sia alta quanto l'occhio di ognun di noi, allora questa cima, l'occhio mio ed il tuo si troveranno in uno stesso piano orizzontale, le visuali che dirigeremo all'albero saranno orizzontali; e poichè tu stai dietro a me, o avanti a me, le nostre visuali si confonderanno, saranno in linea retta, e allora la parallasse sarà nulla.

Il disegno che qui ti traccio (fig. 2) ti farà comprendere meglio le cose. Supponiamo un osservatore sulla Terra, in O, ed un altro nel centro di questa in T; entrambi osservano l'astro A, il quale sembrerà trovarsi successivamente nelle posizioni

$$A, A', A'', A''',$$

pel girare della Terra intorno al proprio asse. Le distanze TA, TA', ecc. le supporremo eguali nel breve tempo che impiega la Terra a girare in modo che gli osservatori vedano l'astro successivamente in A, A', A'', A'''. Se il punto A si trova sull'orizzonte del punto O, l'angolo TOA è retto; invece gli angoli

T O A', *T O A''*,... crescono fino a 180°. Quanto agli angoli col vertice in *A*, che sono le parallassi, essi vanno diminuendo, per modo che mentre l'angolo *O A T* è massimo, gli angoli *O A' T*, *O A'' T* sono sempre più piccoli. Quando l'astro si trova in *A'''* sul prolungamento del raggio [1] *O T* la parallasse è nulla.

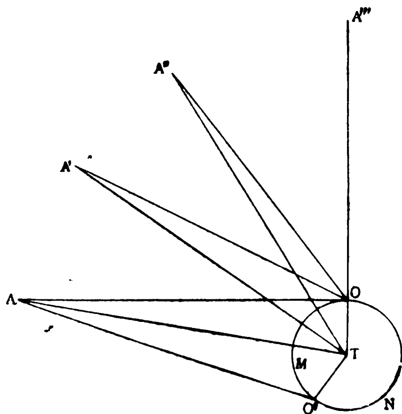


Fig. 2.

Ritieni dunque che ***per ogni luogo terrestre o per qualsiasi astro la parallasse orizzontale*** (quando l'astro trovasi all'orizzonte) ***è la massima***, ***le parallassi di altezza*** (quando l'astro sta sopra l'orizzonte) ***diminuiscono al crescere dell'altezza dell'astro, finchè per un astro allo zenit la parallasse è nulla.***

---

(1) Qui supponiamo la Terra sferica ed omogenea, per modo che il raggio coincida in ogni punto con la verticale; se poi consideriamo la Terra come un ellissoide schiacciato (o sferoide) la parallasse è nulla quando l'astro sta sul prolungamento del raggio locale, ma questo coincide con la verticale soltanto nei luoghi terrestri situati sull'equatore o ai due poli.

Sulla figura ho dovuto mettere l'astro molto vicino alla Terra, quindi la parallasse è di molti gradi, ma in realtà le parallassi sono piccolissimi angoli.

III. Finora, parlando della sfera celeste, dei circoli orarî dei paralleli celesti, ecc. abbiamo potuto supporre la Terra sferica; ma nella Geografia hai letto che essa non è una sfera perfetta, sibbene un ellissoide di rotazione. La voce *ellissoide* viene da *ellisse* e questa rassomiglia ad una ovale; ma io te ne darò la definizione esatta che puoi comprendere bene. Usciamo in giardino; vedi qui il giardiniere che sta tracciando il contorno di un'aiuola ovale, meglio *ellittica*. Egli ha conficcato nel suolo due picchetti; poi ha presa una corda, vi ha fatto un cappio ad ognuna delle estremità ed ha fatto entrare ognuno dei picchetti in uno dei cappi. Quindi tenendo tesa la corda, egli fa scorrere lungo di essa un punteruolo di ferro, un grosso chiodo che tiene sempre dritto, in modo che la punta tracci sul suolo piano una curva. Questa è una ellisse. Poichè la corda non cambia di lunghezza, quantunque il punteruolo scorrendo si trovi a diverse distanze dai due picchetti, constatiamo che la somma delle distanze del punteruolo dai due picchetti è costante ed è eguale alla lunghezza della corda. Dunque, mentre il cerchio è la curva piana i punti della quale stanno tutti ad eguale distanza da un punto interno, ch'è il centro, nella ellisse invece la ***somma delle distanze di ogni suo punto da due punti fissi nell'interno di essa è costante.*** Quei due punti si chiamano i *fochi* della ellisse.

Il punto che sta in mezzo ai due fochi sulla retta che li congiunge è il *centro* della ellisse. In questa (come nel cerchio) si chiamano *diametri* le corde che passano pel centro; ma, mentre nel cerchio i diametri sono tutti eguali, nella ellisse non è così. Fra i diametri della ellisse uno è più grande di tutti gli

altri cioè quello che passa pei due fochi e chiamasi *asse maggiore*, un altro è più piccolo di tutti e chiamasi *asse minore*. La metà del primo, dicesi *semiasse maggiore*, la metà dell'altro *semiasse minore* (1).

Eccoti tracciata sopra un foglio una ellisse (fig. 3). In essa *F* ed *F'* sono i fochi; *C* il centro; *A A'* l'asse maggiore le estremità del quale *A* e *A'* sono i vertici della ellisse; *B B'* è l'asse minore. L'asse maggiore ed il minore sono perpendicolari l'uno all'altro.

IV. Ti avranno insegnato in Geometria che la sfera è un solido generato da un semicerchio il quale faccia

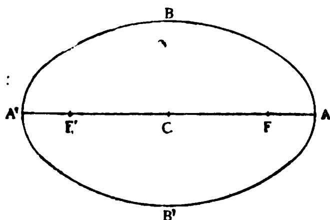


Fig. 3.

una rotazione completa (cioè fino a tornare alla posizione di prima) intorno al diametro o altrimenti è il solido generato da un cerchio il quale faccia mezza rotazione (di 180°) intorno ad un suo diametro. Ebbene l'ellissoide di rotazione è il solido che genera una ellisse ruotando di 180° intorno ad uno dei suoi assi, il maggiore o il minore. Se la rotazione si fa intorno all'asse maggiore, si avrà un ellissoide di rotazione allungato, se intorno all'asse minore un ellissoide schiacciato o sferoide. Dunque l'ellissoide ter-

(1) Evitiamo i francesismi: *semi grand' asse*, *gran normale* e simili; noi diciamo *semiasse maggiore*, *normale principale*.

restre è prodotto dalla rotazione di una ellisse (fig. 3) intorno all'asse minore BB'; però mentre nella fig. 3 i due assi AA' e BB' differiscono assai, nell'ellisse che genera il globo terrestre i due assi sono quasi eguali, l'ellisse si confonde quasi con un cerchio; ecco perchè in alcune ricerche basta ritenere la Terra come una sfera.

Qui ti domando di non spaventarti se sono costretto a ricorrere ad alcune formolette o espressioni algebriche. Del resto, un pochino di familiarità con i calcoli fatti su lettere anzichè su numeri tu devi averla. Dunque, se in una ellisse indichiamo con $2a$ l'asse maggiore e con $2b$ l'asse minore, sarà a il semiasse maggiore, b il semiasse minore. Ebbene, se tu avessi le lunghezze di a e di b, dal loro rapporto potresti conoscere se l'ellisse è molto o poco allungata. Quando una ellisse è molto allungata si dice che essa è *molto eccentrica*, o che ha *grande eccentricità*, se invece l'ellisse (com'è per quella che genera il globo terrestre) differisce poco da un cerchio, si dice che l'ellisse è *poco eccentrica* o che ha *piccola eccentricità*. Tu che conosci il latino indovini che *eccentricità* viene da *ex* e *centrum*, e significa di quanto un foco si scosta *dal centro*. Tornando alla figura 3, se CF (o CF' che è lo stesso) è piccolo, rispetto a CA, l'ellisse è poco eccentrica, se CF è notevole, rispetto a CA, l'ellisse è molto eccentrica. Ora evidentemente CF è sempre minore di CA, dunque il rapporto $\frac{CF}{CA}$ è sempre una frazione.

Se questa frazione è piccola, per es. eguale ad $\frac{1}{300}$ l'ellisse è poco eccentrica, se è grande, per es. eguale ad $\frac{1}{10}$, l'ellisse è molto eccentrica.

Abbiamo supposto di conoscere la lunghezza dei se-

miassi a e b; ma come faremo a trovar la lunghezza di CF? Ricorderai che per ogni punto della ellisse la somma delle sue distanze dai due fochi è costante; ma qual'è questa lunghezza costante? Essa è eguale all'asse maggiore, a $2a$. Infatti, se prendi a considerare il punto A (o anche A'), esso è un punto della ellisse, quindi anche per esso si avvera che la somma delle sue distanze da F e da F' è eguale alla solita lunghezza costante. Ora la distanza di A dal foco F è AF e la sua distanza dall' altro foco è AF'; la somma è:

$$AF + AF' = A'F' + AF' = AA' = 2a.$$

Fermiamoci al punto B (o B'); le sue distanze dai fochi sono BF e BF', e sono eguali perchè B sta sulla perpendicolare ad FF' elevata dal punto medio C; avremo quindi:

$$BF = BF' = a$$

perchè:

$$BF + BF' = 2a.$$

Considerando adesso il triangolo BCF, rettangolo in C, avremo pel teorema di Pitagora:

$$\overline{CF}^2 = \overline{BF}^2 - \overline{BC}^2$$

ossia:

$$CF = \sqrt{a^2 - b^2}.$$

Ecco dunque l'espressione della distanza focale CF. Poichè l'eccentricità di una ellisse (che s'indica con e) è data dal rapporto di CF a CA, avremo:

$$e = \frac{CF}{CA} = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}.$$

Bada che e è espressa non in lunghezza, ma in numeri astratti. La lunghezza CF si esprime sì in unità lineari, per es. in chilometri, ma l'eccentricità e es-

sendo il rapporto dei due numeri che esprimono (per es. in chilometri) le lunghezze CF e CA, è semplicemente un numero. Se poniamo

$$CF = 1 \text{ km} \quad , \quad CA = 200 \text{ km},$$

avremo:

$$e = \frac{1 \text{ km}}{200 \text{ km}} = \frac{1}{200},$$

sicchè l'eccentricità è una frazione; qui essa è eguale ad $\frac{1}{200}$.

V. Veniamo al nostro globo. In Geografia tu hai inteso parlare dello *schiacciamento* terrestre e ti si è detto che esso dipende dalla differenza fra il diametro equatoriale e il diametro polare. Adesso che sai come viene generato un ellissoide, capirai che il maggiore o minore schiacciamento del globo terrestre dipende dal rapporto dei due assi o dei semiassi della ellisse che genera il globo. Nota che dico *dipende dal rapporto*, ecc., non già *è eguale al rapporto* ecc. Forse in Geografia ti è stato detto che nella Terra la differenza fra il raggio equatoriale e il raggio polare è eguale a circa 22 km. e che il rapporto di questa lunghezza a quella del raggio equatoriale dà lo schiacciamento terrestre che è eguale a circa $\frac{1}{300}$.

Adesso completeremo queste informazioni e definizioni, mettendo anche in raffronto lo schiacciamento con l'eccentricità che sono cose diverse. Quello e questa dipendono dalla lunghezza dei semiassi, ma lo schiacciamento ne dipende in un modo, l'eccentricità in un altro. L'eccentricità, lo abbiamo veduto, *è eguale al rapporto della distanza di un foco dal centro al semiasse maggiore*, lo schiacciamento invece *è eguale al rapporto della differenza fra il semiasse maggiore ed*

il minore allo stesso semiasse maggiore. Se chiamiamo s lo schiacciamento avremo

$$s = \frac{a - b}{a},$$

mentre l'eccentricità è:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}.$$

Se rifletti un poco a quello che ti hanno insegnato in Aritmetica intorno alla composizione di un quadrato capirai che

$$a - b < \sqrt{a^2 - b^2},$$

e cioè che la frazione che esprime lo schiacciamento è sempre minore di quella che esprime l'eccentricità.

Per finire questa lezione, veniamo ai numeri. Le più esatte misure fino ad oggi dànno per la Terra

$$a = 6\ 378\ 290 \text{ km}, \quad b = 6\ 356\ 540 \text{ km}.$$

Su queste lunghezze in metri, un errore di 100 m non avrebbe nulla di straordinario; dico errore, perchè ogni dato astronomico è affetto da un piccolo errore, dipendente dalla mancanza della perfezione assoluta in qualsiasi operazione umana, e in questo caso, in qualunque osservazione e misura fatta dagli astronomi.

Poggiandosi su questi numeri avremo il valore di quelle due frazioni che esprimono l'una lo *schiacciamento*, l'altro l'*eccentricità* (1) per l'ellissoide terrestre. Sarà:

$$s = \frac{6\ 378\ 290 - 6\ 356\ 540}{6\ 378\ 290} = \frac{21\ 750}{6\ 378\ 290} = \frac{1}{297} \text{ circa};$$

$$e = \frac{\sqrt{(6\ 378\ 290)^2 - (6\ 356\ 540)^2}}{6\ 378\ 290} = \frac{1}{12{,}1} = 0{,}082 \text{ circa}.$$

(1) Dicesi pure *ellitticità del meridiano terrestre*

Come vedi l'eccentricità è molto più grande dello schiacciamento.

Sopra un globo di circa 6 metri di diametro lo schiacciamento terrestre sarebbe di appena un centimetro ad ognuno dei poli.

Il raggio di una sfera che avesse lo stesso volume dell'ellissoide terrestre sarebbe di 6 371 000 metri.

LEZIONE IV

I. Poichè la Terra non è una sfera, ma un ellissoide schiacciato, i raggi terrestri variano (leggermente) secondo le latitudini, e vanno diminuendo sempre dall'equatore ai poli. Inoltre se ti fai a guardare la fig. 3 vedrai che ai vertici *A*, *A'* l'ellisse è più incurvata che nei punti *B* e *B'*. Se cerchi il raggio di un cerchio il quale, date le piccole dimensioni del disegno, si confondesse per 3 o 4 millimetri di qua e di là del punto *A* (o *A'*) e poi il raggio di un cerchio che si confondesse parimenti per 3^{mm} o 4^{mm} col contorno della ellisse di qua e di là dal punto *B* (o *B'*), vedrai subito che il raggio di questo secondo cerchio è più grande di quello del primo. Ora sopra un cerchio più piccolo una lunghezza di 3^{mm} abbraccia maggior numero di gradi che sopra un cerchio più grande. Poniamo che in *A* 3^{mm} abbraccino 10^0, in *B* la stessa lunghezza abbraccerà per es. 8^0; sicchè in *A* la lunghezza di 1^0 sarà di $\frac{3^{mm}}{10} = 0^{mm},300$, in *B* di $\frac{3^{mm}}{8} = 0,375$.

Applicando alla Terra queste riflessioni troverai che un arco di 1^0 misurato all'equatore è più corto (in chilometri, per esempio) che 1^0 ai poli. La lunghezza dell'arco di 1^0 misurato sopra un meridiano terrestre, va crescendo continuamente dall'equatore al polo. Eccoti una tabelletta che ti darà la lunghezza, in ettometri,

di 1° per diverse latitudini della Terra, dalla latitudine 0° (equatore) alla latitudine 90° (poli). La latitudine l'indichiamo con φ, la lunghezza con l.

φ	l	φ	l
0°	1106	50°	1112
10	1106	60	1114
20	1107	70	1116
30	1108	80	1117
40	1110	90	1117

Furono appunto le misure delle lunghezze corrispondenti a spostamenti di 1° lungo il meridiano, eseguite dagli astronomi e geodeti [1], che misero in chiaro la forma ellissoidica della Terra. Da quello che ti ho detto fin qui tu capisci già come un astronomo possa constatare di essersi spostato di 1°, 2°, 3°, ecc., lungo un meridiano del globo. Infatti se in questo punto abbiamo una stella che culmini (passi al meridiano) esattamente al nostro zenit, e poi ci spostiamo verso il Nord, lungo il meridiano di questo luogo e giungiamo ad un luogo dove la medesima stella culmini ad 1°, 2°, 3°,... dal nostro zenit verso Sud, ciò vuol dire che ci siamo avanzati di 1°, 2°, 3°,... verso il Nord.

Ecco dunque come si misura in gradi un dato arco di meridiano. Ma come si fa ad averne la misura in chilometri, in metri?

Stammi a sentire. Tu comprendi che gli astronomi non possono mettersi a misurare la Terra con le pertiche o col decametro a nastro; tuttavia una certa lunghezza bisogna pur misurarla sul terreno. Gli astronomi o geodeti scelgono di qua e di là presso l'arco di meridiano che vogliono misurare una serie di luoghi

[1] Da Geodesia, ch'è come un ramo dell'Astronomia ed ha per oggetto lo studio della forma e delle dimensioni del globo terrestre.

elevati, e vi ergono pilastrini che fissano ognuno un punto sul globo. Questi punti sono collegati l'uno all'altro mediante visuali, misurandosi gli angoli che quelle visuali fanno due a due. In tal modo si ricopre la regione per cui passa quell'arco di meridiano con una serie di triangoli (ideali s'intende), e mediante formole, che studierai appresso, in Trigonometria e in Geodesia, si deduce la lunghezza dell'arco di meridiano dagli angoli misurati e da un lato del primo dei triangoli. Questo lato si chiama *base* e si misura effettivamente con pertiche di alta precisione, in modo da non commettere un errore di 2 centimetri su 10 km. misurati.

Dalle misure si dubitò che la Terra non fosse un vero ellissoide, ma una superficie irregolare, per modo che i diversi meridiani non avessero la stessa lunghezza; ma poi perfezionando i metodi di misura, si è constatato che la figura geometrica la quale più si avvicina a quella del globo è propriamente *un ellissoide di rotazione intorno all'asse polare.*

Oggi si posseggono molte lunghezze di archi di meridiano, alcuni dei quali abbracciano 25^0, 27^0, 30^0 e più, e parimenti lunghezze di archi di parallelo [1] che si stendono per 40^0, 50^0, 70^0 di longitudine. Dall'insieme di tutte queste misure sono risultate le lunghezze del raggio equatoriale e del raggio polare, che ti ho date nella Lezione precedente, e lo schiacciamento $\frac{1}{297{,}0}$. Sul denominatore 297,0 un errore di 0,5 e più non sarebbe improbabile.

II. Siamo partiti dalla parallasse e con lunga di-

[1] Gli archi di parallelo corrispondenti allo stesso numero di gradi, per es. 10^0, vanno impiccolendosi continuamente dall'equatore (sul quale 1^0 è lungo quanto 1^0 di meridiano presso l'equatore) fino ai poli dove il parallelo stesso si riduce ad un punto.

gressione ci siamo occupati della forma e delle dimensioni del globo terrestre. Adesso rimettiamoci in carreggiata e completiamo lo studio delle parallassi.

Poichè per ogni parallelo del globo vi è un diverso valore del raggio terrestre, in altre parole: poichè il raggio terrestre locale varia secondo la latitudine del luogo, la parallasse orizzontale di un astro varia secondo i luoghi. Ecco perchè quando si dà il valore della parallasse, per esempio della Luna in 57'. 2",70 si dice che è la ***parallasse orizzontale equatoriale***, cioè questo numero di minuti primi e secondi indica l'angolo sotto il quale sarebbe veduto dal centro della Luna il raggio dell'equatore terrestre. In generale per tutti gli astri del nostro sistema solare si dànno le parallassi orizzontali equatoriali. Si dà la ***parallasse all'orizzonte***, perchè come vedemmo, questa è la più grande possibile per ogni luogo. Bada bene di non dire come alcuni che nel triangolo rettangolo che dà la parallasse orizzontale l'angolo retto sta al centro della Terra; questo è un errore, l'angolo retto ha il vertice nel luogo dell'osservazione sulla superficie del globo. Nella fig. 2, il triangolo *A O T* ha l'angolo retto in *O* non già in *T*.

In questo triangolo l'angolo col vertice in *A* (la parallasse) è tanto più piccolo quanto più l'astro *A* è lontano dalla Terra, e poichè la Luna, il Sole, ecc., si trovano ora a maggiore ora a minor distanza dalla Terra, la parallasse orizzontale equatoriale varia con questa distanza. Ecco perchè si è scelta la parallasse che corrisponde alla *distanza media*. Così l'angolo 57'.2",70 è la parallasse orizzontale equatoriale della Luna, quando sta alla sua distanza media dalla Terra. Lo stesso è per la parallasse 8",806 del Sole.

La Luna è il solo astro che abbia una parallasse che si esprima in minuti di arco (anzi talvolta oltrepassa 1°), mentre le parallassi del Sole, dei pianeti,

ecc., si esprimono con pochi secondi di arco. Per le stelle invece, che sono immensamente più lontane, la parallasse così intesa si esprimerebbe con milionesimi di secondo, quindi si è presa altra base che non il raggio del globo terrestre. Come poi l'entità della parallasse sia connessa con le distanze degli astri, passo subito a spiegartelo più ampiamente.

III. Ognuno di noi sa, vede, che un dato oggetto ci sembra più grande o più piccolo, secondo che lo si ponga a minore o maggior distanza da noi. Un globo di un metro di diametro se lo si guarda prima a cinque metri di distanza, poi a 10, quindi a 100 metri, apparirà sempre più piccolo, fino al punto di sparire.

Le stesse montagne, che pure giungono a 2000, 3000, 5000 metri di altezza, vedute da 50, 60, 100 chilometri di distanza, sembrano piccole alture. L'angolo fra due visuali dirette alle estremità di un diametro di un globo, o meglio, in linguaggio geometrico, l'apertura della superficie conica tangente al globo e col vertice nella nostra pupilla, va diminuendo man mano che il globo viene allontanato. Dunque l'angolo sotto il quale è veduto il raggio di quel globo può darci modo di determinare la distanza a cui esso è situato. Evvi una formola matematica che lega l'angolo suddetto alla distanza, ma non darti a credere che per una distanza doppia quell'angolo sia ridotto a metà; no, la formola esprime una variazione meno semplice ed io non posso spiegarti questo, perchè non hai studiato Trigonometria; però puoi ritenere che per angoli piccolissimi, come è il caso delle parallassi degli astri, si può ritenere proprio che l'angolo varî in ragione inversa della distanza. Per distanza doppia la parallasse è ridotta ad $\frac{1}{2}$; per distanza tripla ad $\frac{1}{3}$; ecc.

Soltanto per la Luna non si può applicare questo

principio (se vogliamo giungere ai limiti della precisione della astronomia moderna), poichè essa trovasi 389 volte più vicina a noi che non il Sole. Pei pianeti, pel Sole, puoi ben dire una parallasse di 8″, per un astro, corrisponde ad una distanza metà di quella per cui quell'astro ha parallasse di 4″. Inversamente se un astro ad una certa distanza ha parallasse eguale ad 8″, a distanza doppia quella parallasse si riduce a 4″; e così via.

IV. L'angolo sotto il quale è veduto il diametro [1] effettivo di un astro espresso in una unità lineare (per es. in chilometri), chiamasi *diametro angolare* dello stesso. Sicchè la parallasse orizzontale equatoriale del Sole alla sua distanza media da noi è la metà dell'angolo sotto il quale si vedrebbe dal centro del Sole (che fosse all'orizzonte) il diametro equatoriale, lineare, della Terra. Data la corrispondenza fra i diametri angolari (o apparenti), le dimensioni effettive degli astri (supposti sferici) e le loro distanze, tu comprenderai quanto sono per dirti. Se due astri, di forma sferica, ci appariscono con eguale diametro angolare (o apparente), se per altra via sappiamo che uno di essi si trovi a distanza da noi doppia dell'altro, dobbiamo concludere che il diametro effettivo, in chilometri, del primo è doppio del diametro dell'altro; se il primo astro si trova a distanza tripla, il suo diametro è triplo, e così di seguito.

Tu vedi dunque l'importanza che hanno in Astronomia le parallassi ed i diametri angolari. Tante volte i profani domandano: Come fanno gli astronomi a misurare le distanze degli astri, i loro volumi, le superficie, ecc.? Tu sei adesso in grado di rispondere a

---

(1) Ricorda bene che noi non vediamo mai assolutamente un circolo massimo di un astro, supposto di forma sferica, nè un intero diametro (v. *Lezione I*).

siffatta domanda. La parallasse del Sole ci dà modo di conoscere la distanza del Sole dalla Terra, ed è lo stesso per tutti gli astri di cui si riesce a misurare la parallasse. Conosciuta la distanza di un astro, il diametro angolare sotto il quale lo vediamo ci dà modo di determinare il diametro effettivo, le dimensioni, la superficie, il volume.

Se, per citar qualche esempio, io ti dirò che i diametri angolari della Luna e del Sole, posti alla loro distanza media da noi, sono presso a poco eguali [1], ma che la distanza della Luna è 389 volte minore di quella del Sole, tu potresti subito concluderne che il diametro effettivo, lineare del Sole è 389 volte [2] più grande di quello della Luna. Ti hanno pure insegnato che le superficie delle sfere stanno fra loro come i quadrati dei loro diametri, dunque la superficie del Sole è eguale non già a 389 volte quella della Luna ma a $\overline{389}^2 = 151\ 321$ volte.

Similmente poichè i volumi delle sfere variano come i cubi dei loro diametri (o raggi) essendo:

$$\overline{389}^3 = 389 \times 389 \times 389 = 58\ 863\ 869,$$

diresti che il Sole ha un volume eguale a circa *59 milioni di volte quello della Luna* [3].

Il Sole e la Luna sono quasi perfettamente sferici, non così la Terra: se dunque dai diametri angolari della Terra e del Sole vogliamo risalire ai loro volumi, dobbiamo prendere non il diametro angolare equatoriale della Terra veduto dal Sole alla distanza media, che sarebbe il doppio della parallasse del Sole 17",61, ma il diametro angolare medio della Terra. Supponiamo una sfera di volume eguale a quello del-

[1] Quello del Sole è un po' più grande.

[2] Effettivamente è 400 volte più grande.

[3] Effettivamente il volume del Sole è 65 milioni di volte quello della Luna.

l'ellissoide terrestre, dal diametro angolare di detta sfera, paragonato a quello del Sole (messi questo e quella alla stessa distanza) dedurremo il volume del Sole. Sappi adesso che alla distanza media del Sole dalla Terra, il diametro medio di questa apparirebbe ad un osservatore situato nel centro del Sole sotto un angolo di 17",58, mentre il diametro del Sole alla stessa distanza sottende un angolo di

$$31' . 59'' , 26 = 1\,919'', 26.$$

Allora tu dirai:

$$\frac{1\,919{,}26}{17{,}58} = 109{,}17\,;$$

dunque: *Il diametro del Sole eguaglia circa 109 volte quello della Terra.*

Dirai pure:

$$109 \times 109 = 11\,881\,; \text{ (}^1\text{)}$$

dunque: *La superficie del Sole eguaglia 11 881 volte quella della Terra.*

Finalmente:

$$109 \times 109 \times 109 = 1\,295\,029\,;$$

perciò: *Il Sole ha un volume pari a circa un milione e trecentomila volte quello della Terra.*

---

(1) Questi dati sono presi sia dalle teorie di Le Verrier-Gaillot, di Newcomb e di Hill, sia dalla *Connaissance des temps.*

LEZIONE V

I. Finora non ti ho detto quasi nulla degli altri astri che compongono il nostro sistema solare, cioè i pianeti maggiori, coi loro satelliti, i pianetini, le comete e gli sciami di stelle cadenti. Passo a fornirti alcuni dati riguardo ai pianeti maggiori o principali, che sono in tutto 8, compresa la Terra.

Eccone i nomi coi simboli astronomici rispettivi, cominciando dai più vicini al Sole.

Mercurio ☿ ; Venere ♀ ; La Terra ♁ ; Marte ♂ ; Giove ♃ ; Saturno ♄ ; Urano ♅ ; Nettuno ♆.

Mercurio e Venere sono chiamati pianeti *interni*, perchè le loro orbite sono comprese entro quella della Terra; Marte, Giove, ecc., sono chiamati pianeti *esterni*.

Dalla Geografia hai imparato che tutti questi pianeti girano intorno al Sole e tutti nello stesso senso. Se supponiamo un osservatore in piedi sopra il piano dell'orbita terrestre, col capo da quella parte dove sta il polo Nord celeste, egli vedrebbe tutti i pianeti girare intorno al Sole dalla sua destra verso la sinistra. Questo dicesi *moto diretto*, l'altro in senso contrario, da sinistra a destra, dicesi *moto indiretto o retrogrado*.

Dei pianetini e delle comete, per ora, non ti dirò nulla.

Intanto affinchè tu comprenda il senso di tutti i dati che raccolgo nel quadro che segue, devo dirti cosa s'intenda per densità. Tu sai che un litro di olio pesa più di un litro di alcool; similmente un litro di acqua pesa più di un litro di olio e un litro di mercurio pesa molto dippiù che un litro di acqua. Quello che ha luogo per le sostanze liquide si avvera altresì pei solidi e pei gas. Il principio si enuncia così: « Volumi eguali di sostanze diverse pesano differentemente ». Si dice allora che la *densità* dell'alcool è minore di quella dell'olio, la densità di questo minore di quella dell'acqua, e così di séguito. Per poter tradurre in cifre il rapporto fra la densità dell'alcool e quelle dell'olio, dell'acqua, ecc., si è scelto per campione l'acqua (distillata alla temperatura di $+ 4^0,0$ centigradi) e le densità degli altri corpi si esprimono prendendo per unità quella dell'acqua.

Quando si dice: il ferro ha densità 7,6, s'intende che, a volumi eguali, quel corpo pesa 7,6 volte più dell'acqua.

Tornando ai pianeti, essi non sono corpi che risultino di una sola materia, come il solfo, il ferro, il mercurio, ma sono composti di materie diverse. Per esempio la Terra contiene acqua, solfo, ferro, ecc., ma nell'insieme la densità della Terra è eguale a 5,45 volte quella dell'acqua distillata a 4^0. Con altre parole, se formiamo un globo di volume eguale a quello della Terra, e lo supponiamo tutto composto di acqua distillata a 4^0, per fare il peso della Terra, del nostro globo com'è effettivamente, cioè composto di acqua, solfo, ferro, ecc., dovremmo prendere 5,45 globi di acqua eguali in volume alla Terra.

Supponiamo adesso di avere un altro pianeta, la densità del quale sia espressa non con 5,45 come quella della Terra, ma con 2,725, tu dirai subito che la densità di questo pianeta è la metà di quella della Terra.

E se per esprimere la densità dei pianeti prendiamo per unità la densità della Terra, tu dirai che la densità di quel tale pianeta è eguale ad $\frac{1}{2}$. Così nel quadro seguente troverai che Marte ha una densità eguale a 0,69; il che vuol dire che un dato volume di Marte, peserà 69 centesimi di quello che pesa lo stesso volume preso sulla Terra.

Qui s'intende che tutta la materia contenuta nel pianeta Marte si suppone ridotta, per dir così, ad una pasta omogenea, uniforme, in modo da riempire tutto il volume del pianeta.

II. Per potere paragonare facilmente i diametri angolari dei diversi pianeti, si suppongono situati ad una stessa distanza dalla Terra e si sceglie la distanza media della Terra dal Sole. Nel quadro seguente includiamo anche la Luna; ma tu sai bene che essa non è un pianeta, sibbene un semplice satellite della Terra, cioè essa fa la sua rivoluzione (ossia giro completo) intorno alla Terra, non intorno al Sole come i pianeti.

Quanto al diametro equatoriale lineare di ognuno dei pianeti esso è espresso in diametri equatoriali della Terra. Allorchè dunque leggerai che Marte ha un diametro equatoriale di 0,54, capirai che esso diametro è 54 centesimi (poco più della metà) di quello della Terra. Ricordati però che i volumi dei pianeti, i quali non sono sferici ma schiacciati (come la Terra) non si ottengono moltiplicando per $\frac{4}{3}\pi$ il cubo del loro semidiametro equatoriale (s'intende lineare), ma del loro semidiametro medio, cioè del raggio di una sfera che avesse volume eguale a quello del pianeta. A mo' di esempio, per Giove il quadro ti dice che il suo diametro equatoriale è eguale a 11,14 quello equatoriale della Terra, ma se tu vai a fare il cubo di 11,14 non troverai 1295 ma 1382.

Eppure nella colonna dei volumi è detto che quello

di Giove è eguale a 1295 volte quello della Terra; ciò perchè nel fare il cubo si è preso il diametro *medio* non *l'equatoriale* di Giove, e parimenti si è preso il diametro medio della Terra. Similmente pel Sole non si è fatto il cubo di 108,99.

Dello schiacciamento già ti dissi. Ogni pianeta ha il suo schiacciamento dato dalla formoletta

$$\frac{a-b}{a},$$

in cui a è il semidiametro lineare equatoriale, b il polare.

Per quanto concerne la *massa* del Sole e dei pianeti, se conosciamo che un dato volume preso su Marte pesa 0,69 di un ugual volume preso sulla Terra, per avere la *quantità totale di materia* contenuta su Marte, puoi ragionare così: Marte ha un volume pari a 0,157, se quello della Terra è preso per unità; ma ogni volume preso su Marte pesa 0,69 di un egual volume preso sulla Terra, dunque il peso totale o la massa di Marte è dato da

$$0,157 \times 0,69 = 0,108.$$

Quindi Marte ha una massa eguale a poco più di $\frac{1}{10}$ di quella della Terra.

Veramente però gli astronomi determinano prima la massa dei pianeti, studiando l'azione che essi esercitano su i loro satelliti, sulle comete, sugli altri pianeti; poi, conosciuta la massa ed il volume, determinano la densità.

Nel quadro seguente, le masse sono riferite prima a quella del Sole, presa per unità, e così si hanno frazioni per esprimere le masse di tutti i pianeti; poi a quella della Terra come unità e allora, per Mercurio, Marte, Venere e la Luna, le masse sono date da fra-

zioni, per gli altri pianeti sono espresse con numeri superiori all'unità, essendo tutte quelle masse superiori alla terrestre.

Quanto alla colonna intestata: *Durata della rotazione*, ti basti sapere che ogni astro di questo quadro compie un giro, una rotazione completa intorno al proprio asse, come fa la Terra, però la durata di questa rotazione varia da un astro all'altro. Il segno *d* vuol dire giorno, è l'iniziale del latino *dies*, come *h* è l'iniziale di *hora*. Qui c'è una particolarità di certa importanza, ed è che pel Sole e per Giove nel quadro seguente sono indicati due valori per la durata della rotazione, perchè pel Sole e per Giove si è constatato che la durata della rotazione varia un poco secondo le diverse regioni dell'astro; è minima all'equatore e va crescendo per le diverse zone, man mano che si discostano dall'equatore. Pel Sole è singolarissimo questo allungarsi del tempo della rotazione che va da 25 giorni fino a 29. Si spiega questa anomalia con dire che il Sole sopratutto, ma anche un poco Giove (forse anche Saturno) non sono allo stato solido; trattandosi di masse in gran parte allo stato gassoso, si comprende come ogni zona possa avere certa indipendenza nel moto, il che non può accadere nei corpi solidi. Bada che qui si parla del giorno solare, non del giorno delle stelle o sidereo, che dura circa 4 minuti meno dell'altro.

Un'ultima spiegazione; quando nel quadro seguente manca un dato, vuol dire che vi è tanta incertezza su i numeri proposti da diversi astronomi, che val meglio non indicarne nessuno. Per alcuni astri, i dati numerici sono meglio conosciuti, quindi si riferiscono nel quadro con più cifre decimali; per altri si dànno poche decimali, per alcuni poi a stento si può dar la cifra degli interi.

ALCUNI DATI RELATIVI AL SOLE, ALLA LUNA ED AI PIANETI PRINCIPALI.

Astro	Diametro		Schiacciamento	Volume (quello di ♁ = 1)	Densità (quella di ♁ = 1)	Massa		Durata della rotazione
	angolare equatoriale alla distanza 1	lineare equatoriale (quello di ♁ = 1)				(quella del Sole = 1)	(quella di ♁ = 1)	
Sole	31′.59″,26	108,99	0	1 301 197	0,256	1	333432	25^d h m s 29
Terra . . .	17 ,61	1,000	$\frac{1}{297}$	1,00	1,000	$\frac{1}{333\,432}$	1.000	0.23.56. 4
Luna . . .	4 ,79	0,272	—	0,020	0,606	$\frac{1}{27\,168\,000}$	$\frac{1}{81,45}$	27. 7.43.11
Mercurio .	6 ,50	0,37	0	0,050	1,1	$\frac{1}{6\,000\,000}$	0,056	—
Venere . .	17 ,00	0,966	0	0,90	0,91	$\frac{1}{408\,000}$	0,817	—
Marte . . .	9 ,5	0,54	$\frac{1}{200}$	0,157	0,69	$\frac{1}{3\,093\,500}$	0.108	24.37.23
Giove . . .	3 .16	11,14	$\frac{1}{15}$	1295	0,25	$\frac{1}{1\,047,355}$	318,36	9.50 9.56
Saturno . .	2 .45	9,4	$\frac{1}{10}$	745	0,13	$\frac{1}{3\,501,6}$	95,22	10.14
Urano . . .	1 .10	4,0	—	63	0,23	$\frac{1}{22\,869}$	14,58	—
Nettuno .	1 .15	4,3	—	78	0,22	$\frac{1}{19\,314}$	17,26	—

LEZIONE VI

I. Già ti dissi che sono costretto a tornare più volte sopra argomenti svolti precedentemente, per darvi ritocchi. Questo metodo gioverà anche a ribadire le idee da te acquistate, i concetti che ti sei formati ed a perfezionarli. Del resto, io fo con te semplici chiacchierate non un corso scientifico.

Parlammo del meridiano celeste corrispondente al luogo dove siamo, dicendo che esso è quel piano, passante pei poli del mondo, nel quale tutte le stelle si trovano alla massima altezza sopra il nostro orizzonte. Questa definizione è un poco indiretta; eccone invece una più diretta, più connessa col luogo dove siamo: *Il meridiano di un luogo è quel piano che contiene la verticale del luogo ed è parallelo all'asse polare*. Tu sai che per una retta si possono condurre infiniti piani nello spazio, ma un solo parallelo ad una direzione; se dunque per la nostra verticale conduciamo l'unico piano parallelo all'asse polare (terrestre o celeste val lo stesso, perchè coincidono) avremo il meridiano del luogo. Quando consideriamo l'ellissoide terrestre, su di esso il nostro meridiano sarà segnato, tracciato da questo piano che adesso abbiamo definito; e se consideriamo la sfera celeste, la linea [1] che su di essa traccia questo piano, ossia l'intersezione fra questo piano e la sfera celeste, segnerà in cielo il nostro meridiano.

[1] È un circolo.

Questa definizione è diversa da quella che hai studiata in Geografia, cioè: meridiano di un luogo è il circolo massimo che passa pei poli e pel luogo. Ma quest'ultima definizione è inesatta, dapprima perchè, non essendo la Terra una sfera, non si può parlare di *circolo massimo* passante pei poli. La Terra è molto prossimamente un ellissoide di rotazione, ed in questa figura geometrica un piano passante pei poli dà per sezione una ellisse, l'*ellisse meridiana*. Ma inoltre, un piano che passi pei poli del nostro globo e segni una ellisse su quell'ellissoide teorico, il quale più si avvicina alla forma effettiva della Terra (che non è una figura geometrica) può non contenere le verticali di tutti i luoghi della superficie terrestre pei quali passa. Tu mi domandi che cosa importi questo, ed io ti rispondo che per le osservazioni astronomiche l'orizzonte, la verticale sono di capitale importanza; gl'istrumenti li mettiamo in posto cercando la verticale (mediante livelle a bolla d'aria), le osservazioni nostre si riferiscono al piano fissato dalla verticale e dall'asse polare, non alla ellisse meridiana che passa pel nostro luogo. Ora, per la vicinanza di grandi masse, per la ineguale distribuzione della massa nel globo terrestre, le verticali dei diversi punti di una ellisse meridiana, cioè dei luoghi terrestri che si trovano su di essa, spesso non si trovano nel piano che passa pei poli e forma sull'ellissoide quella sezione ch'è l'ellisse meridiana. Se un filo a piombo, che indica la verticale del luogo si trasporta vicino a grandi masse sulla superficie terrestre (per esempio montagne alte e rocciose) esso è leggermente deviato da quella posizione che avrebbe teoricamente, se in vicinanza non si trovassero quelle grandi masse.

Perchè tu possa formarti un concetto più esatto di quello che s'intende per ellissoide terrestre, ti dirò che evidentemente il nostro globo con tutte le mon-

tagne, valli e tutte le sue deformazioni e rugosità non si può assomigliare ad un solido regolare, come sono: il cono, il cilindro, la sfera, ecc.; ma se la Terra fosse ricoperta da acque da ogni parte; queste si disporrebbero secondo che richiede l'attrazione, per la distribuzione delle masse nel globo, nonchè la forza centrifuga proveniente dalla rotazione della Terra. Le acque non si eleverebbero in colline e montagne, come fa la superficie solida della Terra, la superficie di quelle acque sarebbe in ogni punto perpendicolare alla verticale. Orbene, se tu supponi la superficie dell'oceano e quella dei mari aperti prolungata col pensiero entro la Terra, allo stesso livello che negli oceani, quindi passando sotto le colline e le montagne e sopra le valli, con questa supposizione tu avrai una superficie ideale della Terra, senza rugosità, irregolarità, ecc. Questa superficie si chiama *geoide* ed essa è che si avvicina ad un ellissoide più che a qualunque altra figura geometrica. I geodeti lavorano indefessamente a conoscere sempre meglio la vera forma del geoide, misurando archi di meridiani e di paralleli in tutte le regioni del globo, ma bisogna pur confessare che, non potendosi effettuare misure sugli oceani, che ricoprono quasi i $^3/_4$ del globo, e mancando misure in molte estese regioni, non si deve pretendere di avere dati esattissimi sull'ellissoide terrestre, mentre del geoide si è misurata appena la decima parte. Col fatto parecchie determinazioni delle lunghezze dei diametri equatoriale e polare dello schiacciamento hanno dati risultati non molto concordi. Nelle lunghezze dei semiassi *a* e *b* date da Bessel, Faye, Clarke, Hayford, ecc. si riscontrano differenze di 100 m. e più. Quanto al valore dello schiacciamento, si va da $\frac{1}{292}$ ad $\frac{1}{299}$. Ma i dati che ti ho riferiti nella Lezione III sono oggi i più attendibili. Ulteriori ricerche potranno far variare

di appena una unità il denominatore della frazione che indica lo schiacciamento e di 80 o 100 metri le lunghezze dei semiassi.

La traccia, diciam così, il solco che quel piano da noi chiamato *meridiano del luogo* lascia sul geoide è quel che chiamasi *linea meridiana*, la quale da una parte si dirige al *punto* Nord e dall'altra al *punto* Sud. Negli antichi orologi a sole sopra piani orizzontali si trova segnata quella linea meridiana; se ne trovano ancora in alcune chiese.

Se adesso tu immagini un piano che passi per la verticale di questo punto e sia quindi perpendicolare all'orizzonte, su cui si è fatta la sezione detta *meridiana*, questo piano sarà un *piano verticale* e taglierà quello dell'orizzonte secondo una retta. Se poi quel piano verticale è perpendicolare a quello del meridiano, esso dicesi *primo verticale*, la retta segna la direzione perpendicolare alla linea meridiana, direzione che da un capo va al punto Est, dall'altro al punto Ovest. I quattro punti cardinali sono adesso per te ben definiti. Si sogliono indicare con le abbreviazioni seguenti:

Nord = N, Est = E, Sud = S, Ovest = W.

II. Non immaginarti che la qualifica di polo spetti soltanto a due punti di una sfera; invece ogni diametro di una sfera segna sulla superficie di questa due punti, i quali sono poli rispetto ad una serie di cerchi segnati sulla sfera da piani perpendicolari a quel diametro. Per ogni diametro vi sono due poli, un equatore, una serie di cerchi più piccoli chiamati *paralleli*. Per la Terra che non è una sfera ma ha un solo asse di rotazione (1) che è l'asse minore, vi sono soltanto due poli, ma per la sfera celeste che non ha che fare

(1) Mentre la sfera ne ha infiniti, perchè può supporsi generata da qualsiasi sezione in essa fatta da un piano passante pel centro, sezione che è un cerchio.

con lo schiacciamento terrestre, vi sarebbero infiniti poli dal punto di vista, diciamo così, geometrico. Però la rotazione apparente, lo sai, della sfera celeste si fa intorno all'asse o diametro che passa pei poli Nord e Sud. Se prendiamo il cerchio che segna sulla sfera il piano meridiano, cioè il meridiano celeste, il diametro ad esso perpendicolare sarà quello diretto al punto Est da una parte ed al punto Ovest dall'altra (1). Dunque *pel meridiano i poli sono i punti Est ed Ovest.*

Il meridiano è l'equatore (nel senso geometrico) della direzione E-W; ogni suo punto dista di 90° dai punti E e W. Dunque, qualunque circolo massimo della sfera passante per quei due punti (i poli del meridiano) e per un punto A qualsiasi del meridiano, è diviso da questo per metà. La parte di quel circolo che sta sopra l'orizzonte è esattamente un mezzo cerchio; più, dal punto E a quel punto A vi sono 90° sul detto cerchio, altrettanti ve ne sono da A al punto W. Inoltre, ogni piano che passa pei punti E e W, ossia pel diametro E-W della sfera celeste, è perpendicolare al piano del meridiano, come lo sono fra loro le direzioni N-S, E-W; tutti i circoli massimi perpendicolari al meridiano sono soltanto quelli che passano pel diametro E-W.

Per citare un esempio, ti dissi che l'equatore terrestre prolungato fino alla sfera celeste segna l'equatore celeste; orbene questo è un circolo massimo col suo piano perpendicolare a quello del meridiano, dunque esso passa pei punti E-W ed ha una sua metà (cioè 180°) sull'orizzonte, l'altra metà sotto l'orizzonte. Ognuna di queste due metà dell'equatore è tagliata

(1) Ricordati che quando si tratta della sfera celeste, le dimensioni della Terra sono evanescenti; l'orizzonte apparente sul quale supporremmo tracciata la linea meridiana e la perpendicolare ad essa, linea Est-Ovest, si confonde con l'orizzonte razionale, nel quale supponiamo adesso il *diametro Est-Ovest.*

nel suo mezzo dal meridiano; sicchè l'arco di equatore compreso fra il punto E e il meridiano è di 90^0, e di altrettanto è l'arco compreso fra il punto W e il meridiano.

III. Io forse ti ho un po' annoiato con tutte queste minuzie intorno a circoli, ecc.; ma queste spiegazioni erano necessarie per farti capire i moti apparenti delle stelle e prepararti la via allo studio del moto del Sole. Adesso capisci benissimo come una stella la quale si trovi esattamente sull'equatore celeste, cioè con declinazione nulla, sta per metà del suo giro intorno all'asse polare (N-S) sopra l'orizzonte e per l'altra metà sotto. E poichè ogni stella descrive il proprio giro sempre in 24^h (non però del tempo civile), le stelle che stanno sull'equatore rimangono esattamente per 12^h sopra l'orizzonte e per 12^h sotto. Le stelle che stanno fra l'equatore e il polo Nord, cioè quelle che hanno declinazione boreale, rimangono sull'orizzonte con più della metà del loro giro, che è segnato non da un circolo massimo (come per le stelle che sono sull'equatore) ma da un circolo minore della sfera celeste, cioè da un parallelo. Invece, le stelle che sono dall'altra parte dell'equatore (diciamo noi *sotto* l'equatore, perchè questo stesso è per noi (1) basso, cioè discosto 45^0 dallo zenit), le stelle con δ negativa, stanno con la minor parte del loro parallelo sull'orizzonte.

Ora il moto (apparente, s'intende) della sfera celeste è uniforme, cioè esso si compie con velocità angolare costante, in modo che in ogni ora (di quel tale tempo) la sfera gira di 15^0; dunque, se il solo equatore ha metà del suo giro sopra l'orizzonte, soltanto le stelle che sono sull'equatore rimangono esattamente per 12^h sull'orizzonte; le stelle con declinazione *positiva* vi rimangono più di 12^h, quelle con δ *negativa* meno.

(1) In Pino Torinese.

Noterai che io ti ho parlato di *stelle* non di astri in generale, e vuoi saperne il perchè? Le stelle mentre fanno un giro si devono ritenere immobili sulla sfera celeste [1], perciò le stelle che si trovano sull'equatore celeste impiegano 12^h a passare sull'orizzonte e 12^h a passarvi sotto; ma il Sole, la Luna, i pianeti, le comete, astri che si spostano sulla sfera celeste, se in un istante si trovano sull'equatore, un istante dopo si sono spostati in declinazione, passando o nell'emisfero boreale o nell'australe; quindi il tempo in cui rimangono sopra l'orizzonte non è eguale per le due parti dell'*arco diurno,* cioè parte ascendente e parte discendente. Similmente il Sole, la Luna, i pianeti, ecc. non rimangono sopra un parallelo; ma si spostano sempre o verso il polo Nord o verso il polo Sud.

IV. Adesso potrai da te stesso spiegarti le quattro stagioni che abbiamo in un anno, caratterizzate da questo che dal principio della primavera fino al principio dell'autunno i giorni sono da noi più lunghi delle notti, mentre nell'altra parte dell'anno accade il contrario. Sai bene che nel principio della primavera e in quello dell'autunno la durata del giorno è eguale a quella della notte, e questo si avvera allora in qualunque luogo della Terra. Per un osservatore che si trovasse sull'equatore terrestre, non solo le stelle che hanno declinazione nulla, cioè che sono sull'equatore celeste, ma tutte le stelle stanno con metà del loro giro (cerchio che descrivono intorno all'asse polare) sopra l'orizzonte e per metà sotto; quindi il Sole, i pianeti, ecc. ancorchè si spostino sul globo, sono sempre veduti da quell'osservatore per 12^h sopra l'o-

[1] Questo non è assolutamente vero per fenomeni che ora tu ignori, quelli che producono piccoli spostamenti nelle posizioni apparenti delle stelle. Quando diciamo *sfera celeste*, intendiamo fissata la posizione dei poli e le distanze delle stelle da questi; ma i poli si spostano e allora le posizioni delle stelle, le loro coordinate, non sono sempre le stesse, anche prescindendo dai loro moti proprî.

rizzonte e per 12^h sotto. E come noi diciamo che è giorno quando il Sole sta sopra l'orizzonte e che è notte quando sta sotto, comprenderai che all'equatore terrestre durante tutto l'anno la durata del giorno è eguale a quella della notte; ma per un luogo situato fra l'equatore ed uno dei poli, se il Sole si è scostato dall'equatore e si è avvicinato a quel polo, quella parte del giro del Sole che sta sopra l'orizzonte, l'*arco diurno* del Sole, è più grande di quella che sta sotto; quindi, per quel luogo, la durata del giorno è maggiore di quella della notte, mentre, in quella stessa epoca, per un luogo terrestre situato nell'altro emisfero (cioè fra l'equatore e l'altro polo) l'arco diurno del Sole è più corto dell'arco per cui esso sta sotto l'orizzonte; la durata del giorno è ivi più breve di quella della notte.

Con altre parole, quando il Sole sta in uno degli emisferi celesti, per esempio nel boreale, per l'emisfero terrestre corrispondente, cioè in questo caso pei luoghi dell'emisfero terrestre boreale, si ha successivamente la primavera e l'estate, mentre per l'altro emisfero si ha corrispondentemente autunno ed inverno. La diversa durata del giorno e della notte nei nostri climi, come pure nelle zone fra l'equatore e il polo australe, ci dice che durante l'anno il Sole si sposta sulla sfera celeste; che nell'equinozio di primavera esso entra nell'emisfero celeste boreale e vi rimane fino all'equinozio di autunno.

Tu che hai studiato il latino capirai l'origine della parola equinozio; essa viene dalla frase *dies aequat noctem*, il giorno dura quanto la notte. Ma questo termine, equinozio, ti richiama l'altro, *solstizio*, che forse non hai ben compreso quando te se ne parlava in Geografia astronomica. Adesso tutto va da sè. Infatti, se il Sole sta soltanto per sei mesi nel nostro emisfero e se dall'equinozio di primavera la durata del

giorno va sempre crescendo, e poi all'equinozio di autunno quella durata torna ad essere di 12^h soltanto, è evidente che il Sole dal principio della primavera si avanza sempre più nell'emisfero boreale, avvicinandosi continuamente al polo Nord, e che giunto ad una distanza massima dall'equatore, ossia ad una declinazione boreale massima, deve cominciare a tornare addietro, ad avvicinarsi all'equatore, finchè nell'istante dell'equinozio di autunno la sua declinazione è nulla; il giorno dura allora quanto la notte. Passando in séguito nell'altro emisfero, il Sole ha declinazione australe, ed il suo arco diurno è più basso dell'equatore sul nostro orizzonte ed è più corto dell'arco notturno. Entrato nell'emisfero australe celeste, il Sole ha declinazione negativa e questa cresce sempre, scostandosi il Sole dall'equatore, finchè giunto ad una declinazione negativa massima, esso comincia a tornare addietro, avvicinandosi all'equatore, per passarvi nuovamente nell'equinozio di primavera seguente.

Poichè la velocità con cui il Sole si avanza nell'uno o nell'altro emisfero non è affatto costante, ma è massima negli equinozî, minima quando esso comincia a tornare addietro, a riavvicinarsi all'equatore, in questo caso il Sole va così lentamente spostandosi in declinazione che in un giorno intero di 24^h esso torna addietro di appena di $12''$ o $13''$, quantità impercettibile, salvo che agli strumenti. Il Sole dunque sembra allora fisso in declinazione, *Sol stat;* donde la voce *solstizio*. Vi sono due solstizî, quello di estate che cade dal 20 al 23 giugno e quello d'inverno che cade dal 20 al 23 dicembre.

Eccoti spiegato il cammino del Sole in declinazione durante l'anno. La sua declinazione ha attualmente (1)

(1) Per la lentissima variazione delle obliquità dell'ecclittica, questi valori cambiano col tempo (v. pag. 67).

i valori seguenti nel principio di ognuna delle quattro stagioni:

	° ′
equinozio di primavera .	0 . 0′
solstizio di està	+ 23 . 27
equinozio di autunno . .	0 . 0
solstizio d' inverno . . .	— 23 . 27.

È evidente che, quando il Sole resta più a lungo sull'orizzonte di un luogo, la Terra si scalda dippiù in quel punto e questo ha luogo per tutti i punti di un emisfero. Quindi la più lunga durata del giorno rispetto a quella della notte coincide col periodo della stagione calda. Però la temperatura che noi avvertiamo, il caldo che riceviamo dipende in molto minor parte dai raggi diretti del Sole, in maggior parte dalla irradiazione del calore per parte della Terra verso l'atmosfera. Accade dunque questo, che quando si ha il massimo di durata del giorno, il solstizio di estate, non abbiamo le massime temperature; esse hanno luogo un mese e più dopo il solstizio di estate. La Terra si è allora riscaldata dippiù, assorbendo molto più calore di giorno che non ne perda la notte, essa irradia più calore verso l'atmosfera, questa si riscalda maggiormente; abbiamo allora quel periodo che dicesi del sollione o della canicola; il termometro sale alle più alte temperature.

V. Possiamo vedere le cose sotto una forma diversa, dico forma, perchè la sostanza è la stessa. Supponi un fascio di raggi di luce che ci venga secondo una direzione. Prendiamo uno di quei foderi o tubi di cartone, che servono come involucri per spedire disegni, immagini, diplomi; facciamovi entrare in una delle estremità una lampadina elettrica, coprendo il resto della lampadina perchè essa non mandi luce se non nella direzione del tubo. Così nella camera avremo un fascio di raggi paralleli e nessun'altra luce. Adesso

prendiamo uno schermo trasparente, un vetro spolito o una carta oliata ben tesa, ed avviciniamola a quella estremità del tubo dal quale ci viene la luce. Esponiamo quello schermo una prima volta alla luce in modo che il suo piano sia perpendicolare alla direzione del fascio di luce; vedremo sullo schermo un cerchio di luce molto viva. Una seconda volta presentiamo lo schermo non più direttamente alla direzione della luce, ma un po' obliquamente; la luce sullo schermo prenderà la forma di una ellisse. Se poi inclíniamo sempre più lo schermo, l'ellisse si allunga sempre più, diventando sempre meno luminosa. Un centimetro quadrato preso sul dischetto circolare ha molto più luce di un centimetro quadrato preso sulla ellisse. Se tu supponi questo fascio cilindrico di luce composto di mille raggi (mi esprimo così per farti ben comprendere la cosa) sopra un centimetro quadrato ne cadevano 200, se la superficie del dischetto circolare era eguale a 5 centimetri quadrati; ma se l'ellisse ha superficie eguale a 8 cmq., sopra 1 cmq. di essa ne cadono $\frac{1000}{8} = 125$; cioè i $\frac{5}{8}$ della luce che prima riceveva un centimetro quadrato.

Con questo semplicissimo esperimento tu hai capito che se una data superficie piana, per es. un centimetro quadrato, si espone obliquamente ad un fascio cilindrico di luce, riceve minor luce che se lo si esponesse col piano perpendicolare all'asse del cilindro, ossia alla direzione dei raggi luminosi. Ora, la luce del Sole giunge a noi da tanta distanza che può assomigliarsi ad un immenso fascio cilindrico di luce parallela. In estate, questa parte della Terra in cui siamo non è esposta proprio perpendicolarmente ai raggi solari, ma è meno inclinata che d'inverno; quindi una data superficie del suolo dove siamo, poniamo, un metro quadrato, riceve di estate maggior quantità di raggi che d'inverno, la luce e il calore sono allora più grandi.

LEZIONE VII

I. Nella lezione precedente abbiamo discorso del moto del Sole in declinazione, e veduto che, durante un anno, la declinazione del Sole oscilla fra — $23^0.27'$ e + $23^0.27'$; ma questo non è l'unico moto (apparente, s'intende) del Sole. Ti dissi che il giorno delle stelle, ossia il giorno sidereo, è un poco più corto del giorno solare. L'intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi, al meridiano, di quel punto che abbiamo chiamato origine delle ascensioni rette, cioè il punto γ, prende 24^h sul pendolo a tempo sidereo (supposto esattamente regolato). Ma se tu noti con l'ora di questo pendolo l'istante del passaggio del Sole al meridiano oggi, domani troverai che il Sole non passa al meridiano dopo 24^h di quel pendolo, ma dopo $24^h.3^m.56^s,555$. E se invece l'istante del passaggio del punto γ al meridiano tu lo noti sopra un orologio a tempo solare, per esempio questo pendolo con la scritta *tempo medio* (1) (pendolo con cui diamo al pubblico l'ora esatta) domani il punto γ non passerà dopo $24^h.0^m.0^s$, ma dopo $23^h.56^m.4^s,091$ di questo pendolo. Dunque: l'intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi del punto γ pel meridiano, cioè $24^h.0^m.0^s$ di tempo sidereo, equivalgono a $23^h.56^m.4^s,091$ di tempo solare medio, e

(1) Ti spiegherò appresso cosa voglia dire *tempo medio* solare.

$24^h.0^m.0^s$ di questo tempo equivalgono a $24^h.3^m.56^s,555$ di tempo sidereo. Naturalmente le ore, i minuti, i secondi del tempo sidereo sono rispettivamente più brevi delle ore, dei minuti e dei secondi di tempo medio.

Sta dunque il fatto che il Sole ritarda un poco, cioè di $3^m.56^s,555$ ogni giorno rispetto alla origine del tempo sidereo. Per essere più chiaro ti dirò: se con uno dei nostri istrumenti osserviamo una stella delle prime grandezze (che coi cannocchiali si vedono anche di giorno) mentre passa al meridiano, e supponiamo che in quello stesso istante passi anche il centro del Sole pel meridiano; domani la stella passerà $3^m.56^s,555$ di tempo sidereo prima che ripassi il Sole; doman l'altro la stella anticiperà sul Sole di due volte $3^m.56^s,555$, e così via. Se fai il conto, vedrai che a capo ad un anno, il Sole avrà ritardato di 24^h di tempo sidereo, cioè avrà indicato un giorno di meno. In un anno vi sono 365,24... giorni solari e 366,24... giorni siderei. Rispetto al giorno sidereo accade al Sole, che avanza ogni giorno verso oriente, lo stesso che ai naviganti che fanno il giro del mondo muovendosi da Ovest verso Est; dopo un giro completo essi avranno notato un giorno di meno. Se fossero andati da Est ad Ovest, avrebbero contato un giorno dippiù.

Rifletti adesso che il moto apparente della sfera celeste, quindi delle stelle rispetto al nostro meridiano, si compie da oriente verso occidente (mentre effettivamente, lo sai, è la Terra che ruota intorno al proprio asse da occidente ad oriente). Quando passa il punto γ, l'orologio a tempo sidereo (supposto esatto e ben regolato) ([1]) segna $0^h.0^m.0^s$, e dopo 3^h di tempo

([1]) Ben regolato, vuol dire che non avanzi o non ritardi giornalmente rispetto al tempo che deve segnare; ossia che abbia un *andamento* nullo. Diciamo *andamento*, lasciando l'espressione *marcia* ai soldati, ai medici, ai musicisti.

sidereo, cioè quando esso segnerà $3^h.0^m.0^s$, passeranno al meridiano le stelle che hanno $\alpha = 3^h.0^m.0^s$; dopo 4^h, le stelle con $\alpha = 4^h$, e così di seguito. Comprenderai subito che le ascensioni rette si contano o misurano sulla sfera celeste da occidente verso oriente. Se adesso il pendolo sidereo segna $19^h.0^m.0^s$ e passano al meridiano le stelle aventi $\alpha = 19^h.0^m.0^s$, al di là del meridiano, verso Est, vi sono le stelle con:

$$\alpha = 20^h,\ 21^h,\ \text{ecc.}$$

Se dunque gli astri con ascensione retta più grande passano più tardi al meridiano, quando diciamo che il Sole ritarda ogni giorno di $3^m.56^s,555$ ciò vuol dire che l'ascensione retta del Sole aumenta ogni giorno di $3^m.56^s,555$. Il Sole si sposta dunque sulla sfera celeste nel senso da occidente ad oriente, allontanandosi dalle stelle che sono ad occidente, avvicinandosi a quelle che stanno ad oriente, e così compie un giro sulla sfera celeste, passando attraverso le costellazioni. Gli antichi distinsero 12 costellazioni, in corrispondenza coi 12 mesi dell'anno, e con esse formarono lo *Zodiaco*. Quelle 12 costellazioni sono: *Ariete*, *Toro*, *Gemelli*, *Cancro*, *Leone*, *Vergine*, *Bilancia*, *Scorpione*, *Sagittario*, *Capricorno*, *Aquario*, *Pesci*. Non ci occuperemo di esse in questo luogo; troverai nel Planisfero celeste la forma di queste costellazioni.

Prendiamo un globo celeste, vedremo che queste 12 costellazioni non si trovano disposte lungo l'equatore celeste, ma sopra un altro circolo massimo che è inclinato a quello. Naturalmente le costellazioni hanno grande estensione, abbracciano di qua e di là un circolo il quale fa con l'equatore un angolo di $23^0.27'$ circa (1). Questo numero non ti riesce nuovo; è pro-

(1) Questo angolo non è costante, ma diminuisce di circa $0'',47$ ogni anno, cioè lentissimamente.

prio la massima declinazione boreale o australe cui giunge il Sole nei due solstizî. Dunque il Sole in un anno da una parte si avanza in ascensione retta e dall'altra passa ora di qua ora di là dall'equatore, cioè sta per sei mesi nell'emisfero boreale e per altri sei nell'australe.

Le tue orecchie per poco non si offendono a sentirmi parlar sempre di movimenti del Sole, come se io volessi revocare in dubbio le idee di Copernico e di Galileo; ma in Geografia astronomica ti si è dovuto dire che le apparenze sono le stesse, che sia la Terra a girare intorno al Sole (com'è difatti) o il Sole a girare attorno a questa. Ora effettivamente noi vediamo il Sole sorgere e tramontare, e tu oggi 8 settembre quando ti sei levato alle ore 7 del mattino non hai detto: « La Terra ha volto al Sole il meridiano che sta a $5^h.25^m$ (1) da quello di Pino »; ma invece: « Il Sole si è levato già da un'ora ». E quando ti lamenti un poco del caldo della estate dici: « Il Sole è salito tanto alto che pare ci stia sul capo ». Insomma, il linguaggio delle apparenze è molto più comodo per gli usi della vita civile e nei rapporti con chi non ha studiato Astronomia.

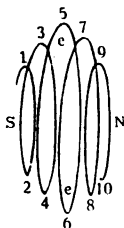


Fig. 4.

II. Se vuoi formarti una idea del modo con cui si muove il Sole sulla sfera celeste, guarda questo schizzo o figura schematica (fig. 4). Il Sole dopo il solstizio d'inverno parte dalla posizione *1* e, facendo ogni giorno una spira cioè il suo giro apparente intorno alla Terra (che non ho disegnata ma puoi supporre nell'interno

(1) Se si trattasse di tempo locale, sarebbero $4^h 56^m$; ma in Pino (come in tutta Italia) seguiamo il tempo della Europa Centrale, il quale anticipa di circa 29^m sul nostro tempo locale.

di queste spire), quando tramonta non si trova alla stessa declinazione di quando sorge, ed anche quando passa al meridiano si trova un pochino più vicino all'equatore che quando sorge, perchè esso muovesi continuamente in declinazione, benchè con varia velocità nel corso dell'anno. Il Sole dunque avanza verso l'equatore celeste che supponiamo fra i punti *5* e *6*, in *e e*. Quando il Sole spostandosi lungo le sue spire ed avvicinandosi all'equatore viene a passare per questo, nel punto dove è tagliato dalla spira, si ha l'equinozio di primavera; cioè il Sole passa pel punto Ariete o γ. Intanto il Sole continua ad avanzare verso il Nord, N, percorrendo sempre la spira di quel giorno, e se, poniamo, quell'equinozio ha avuto luogo a mezzogiorno, quando si è al tramonto, già la declinazione del Sole è positiva e di parecchi minuti primi di arco.

Percorrendo il Sole ogni giorno un giro di questa spirale ed avanzandosi verso N, quando avrà raggiunto $23^0.27'$ di declinazione boreale, supponiamo sia nel giro o spira *9-10*, esso sembra fermarsi; si è allora al solstizio di estate. Indi il Sole torna addietro percorrendo le stesse spire in senso inverso, *in quanto a declinazione*, ma sempre da W ad E nel giro diurno; si avvicina all'equatore *e e* e lo attraversa nell'istante dell'equinozio di autunno. Prosegue poi verso Sud, finchè sia poi tornato alla spira *1-2*, cioè al solstizio d'inverno.

Prescindendo poi dal giro apparente diurno del Sole, possiamo tracciare sopra un globo celeste il cammino del Sole durante l'anno. Prendiamo uno qualunque degli Almanacchi o grandi Effemeridi astronomiche, i quali dànno giorno per giorno le declinazioni del Sole, e segnamo sul globo la serie dei punti corrispondenti alle varie declinazioni del Sole, troveremo che tutti questi punti si trovano sopra un circolo massimo della sfera. Col fatto, vedi sul globo celeste (fi-

gura 5) il circolo $EE'E''E'''$, il quale è inclinato all'equatore $eE''e''\gamma$. Il circolo $EE'E''E'''$ è il cammino percorso dal Sole e chiamasi *Ecclittica*. I punti N ed S sono rispettivamente il polo boreale e l'australe sulla sfera celeste. Il piano dell'equatore $eE'e''\gamma$ è perpendicolare all'asse polare NS. Il piano dell'*ecclittica* $EE'E''E'''$ forma un angolo di circa $23^0.27'$ col piano dell'equatore; quindi allorchè la declinazione australe del Sole è massima, il Sole si troverà in E'''; quivi dunque si ha $\delta = -23^0.27'$.

Percorrendo l'ecclittica nel senso indicato delle piccole frecce, il Sole si scosta da E''' a si avvicina ad E; giungerà così un istante in cui il Sole incontrerà l'equatore trovandosi nel punto dove questo è tagliato dall'ecclittica. Tu vedi che quel punto si è indicato con la lettera γ, è l'origine delle ascensioni rette, l'equinozio di primavera. Dopo il passaggio pel punto γ, il Sole si trova nell'emisfero celeste boreale. Il Sole prosegue da γ verso E' con declinazione sempre positiva e crescente e la sua δ è massima quando in E' si è al solstizio di estate; allora $\delta = +23^0.27'$.

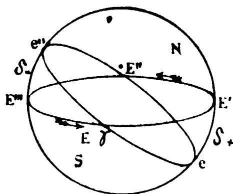


Fig. 5.

Da E' il Sole prosegue sulla sua orbita secondo le frecce, avvicinandosi ad E'', finchè incontra nuovamente l'equatore, nell'equinozio di autunno (in E'') e passa quindi nell'emisfero australe.

Questo è il giro che fa il Sole ogni anno. In E''' esso trovasi sotto l'equatore, apparisce molto più basso nel nostro orizzonte. Tutti sanno che d'inverno il Sole è molto basso e in dicembre e gennaio sta poche ore sul nostro orizzonte. Da γ ad E'' il Sole sta sopra l'equatore ed in E' giunge alla sua massima altezza

sull'orizzonte. In giugno e in luglio ci sembra che il Sole dardeggi i suoi raggi come ci fosse sul capo; ma riflettiamo che, essendo la nostra latitudine di $+45^0.2'$, cioè trovandosi il nostro zenit a $45^0.2'$ di distanza dall'equatore, il Sole non giunge mai al nostro zenit anche nel solstizio di està, perchè allora rimane a $45^0.2' - 23^0.27' = 21^0.35'$ di distanza dal nostro zenit verso Sud.

III. Però il moto del Sole tanto in ascensione retta quanto in declinazione non è uniforme nel corso dell'anno. Il moto in δ è massimo negli equinozî, minimo nei solstizî; quello in α è minimo negli equinozî, massimo nei solstizî. Per la declinazione vi è eguaglianza perfetta fra i due massimi e i due minimi di velocità; invece in ascensione retta il massimo di velocità nel solstizio d'inverno giunge ad $11^s,1$ di variazione in un'ora, mentre nel massimo del solstizio di està si ha appena $10^s,4$ in 1^h. Nei due minimi delle velocità in α (equinozî) nemmeno si ha eguaglianza nelle variazioni orarie, perchè in primavera si ha $9^s,1$, in autunno $9^s,0$.

Se il Sole si muovesse lungo l'equatore, si sposterebbe soltanto in ascensione retta; se si muovesse lungo un circolo orario, si sposterebbe soltanto in declinazione; invece il Sole si muove percorrendo il circolo massimo dell'ecclittica, che è inclinato a quello dell'equatore, e su di esso non avanza con moto uniforme, con velocità costante. Qui non si può parlare di velocità lineare, poniamo in chilometri, perchè l'ecclittica, l'equatore, ecc. sono circoli da noi tracciati sopra una sfera ideale, di cui non fissiamo il raggio. Dobbiamo dunque parlare di velocità angolare, di cammino percorso in angolo dal Sole.

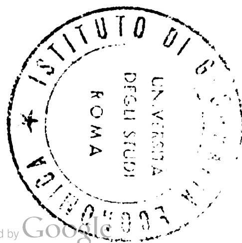
Ricordati adesso che per ogni circolo massimo di una sfera si hanno due poli, cioè le estremità del diametro perpendicolare al piano di quel circolo. Essendo

dunque l'ecclittica un circolo massimo, avrà anch'essa un diametro perpendicolare al suo piano, che chiamasi *asse dell'ecclittica*, e due poli detti *i poli dell'ecclittica.* Fermiamoci a quel polo dell'ecclittica che sta nel nostro emisfero e che indicheremo con *Π*, mentre il polo Nord dell'equatore lo indicheremo con *N*. Se dal punto *Π* conduciamo circoli massimi sulla sfera, ossia se per l'asse dell'ecclittica conduciamo piani che saranno tutti perpendicolari al piano dell'ecclittica, verremo a formare sulla sfera una serie di meridiani relativi al polo *Π*, che non possiamo chiamare *circoli orarî*, perchè le ore dipendono dalla rotazione della Terra intorno all'asse polare del globo.

Se adesso, per ogni giorno dell'anno (ossia del tempo che impiega il Sole a percorrere l'ecclittica nel senso delle frecce della fig. 5) tagliamo sulla ecclittiea il cammino percorso dal Sole, per esempio, col condurre due meridiani ecclittici che passino pei punti ov'era il Sole in due mezzodì consecutivi, troveremo che il Sole non si muove sulla ecclittica con velocità angolare costante. Verso il 1^0 gennaio esso percorre $1^0.1'.8''$ in un giorno, mentre intorno al 1^0 luglio esso percorre $0^0.57'.11''$. E così, studiando il moto del Sole in base ad una delle grandi Effemeridi astronomiche, libri che danno (calcolato) fedelmente il posto del Sole sulla ecclittica, giorno per giorno, durante tutto l'anno, troviamo che a 6 mesi di distanza la velocità del Sole passa per un massimo e per un minimo, mentre la la sua velocità media la si trova a tre mesi di distanza da un massimo e da un minimo, due volte in un anno. In questo moto vi è perfetta simmetria (non uniformità), mentre nel moto in ascensione retta non si ha questa simmetria. Se dividiamo il cammino percorso dal Sole, l'ecclittica, mediante un diametro che passi pel solstizio d'inverno e per quello di està, l'ecclittica sarà divisa in due parti eguali e il Sole impiega

tanto tempo a percorrere una quanto a percorrere l'altra. Quanto tempo impiega il Sole ad andare dal solstizio d'inverno a quello di està, altrettanto ne impiega a tornare da questo a quello; giorno per giorno vi è corrispondenza nella velocità di qua e di là dal diametro.

Ma perchè il Sole va così presto verso il 1° gennaio perchè esso ritarda verso il 1° luglio? Lo vedremo nella lezione seguente.



LEZIONE VIII

I. Ti ricordi di quella curva di cui parlammo nell'occuparci della figura del nostro globo, cioè della ellisse? Essa è la sezione prodotta nell'ellissoide di rotazione (teorico) della Terra da un piano che passi per l'asse polare; ma in Cosmografia l'importanza maggiore della ellisse non sta nella questione della forma schiacciata del nostro globo e di altri pianeti, sta invece nel cammino che percorrono i pianeti intorno al Sole.

Incidentalmente ti ricordo che i pianeti si distinguono dalle stelle dacchè si spostano in α e δ sulla sfera celeste con maggiore o minore rapidità. Pei pianeti principali vi è anche la loro luce che li fa discernere; essa non è tremula, oscillante, come quelle delle stelle, ma è calma, di color giallo-rossastro (in qualche caso, plumbea). Ma tu hai letto queste ed altre cose nella Geografia, cominciando dalla distinzione fondamentale che le stelle hanno luce propria, mentre i pianeti sono oscuri e sono da noi veduti perchè ci rimandano la luce che ricevono dal Sole. Anche la Terra, se il suo emisfero illuminato dal Sole fosse veduto da ipotetici osservatori sùlla Luna o sui pianeti, la Terra apparirebbe loro come luminosa.

Se desideri conoscere altre particolarità sull'aspetto dei pianeti, puoi leggere qualcuno dei trattatelli di

Astronomia descrittiva, per es. il manuale Hoepli, *Astronomia*. Noi invece ci occupiamo qui di Cosmografia, di Astronomia di posizione ossia sferica. Sai bene che in questo Osservatorio, in generale, non ci occupiamo di Astrofisica, ma facciamo *misure* di angoli con gli strumenti grandi o piccoli e poi calcoli interminabili. È questa un'Astronomia un poco òstica ai profani; ma tu sei un giovanetto serio e desideri veder chiaro in questo groviglio di osservazioni e calcoli. Quando poi vorrai divertirti, hai a tua disposizione il cannocchiale di Dollond con obbiettivo di circa 10 cm., e con esso potrai prenderti il gusto di osservare i circhi ed i crateri della Luna, gli anelli di Saturno, i satelliti di Giove, le nebulose, gli ammassi stellari, le comete quando se ne veggono, le stelle doppie e tutto quello che fa andare in solluchero i dilettanti. Certo è una nobile passione quella di osservare le curiosità del cielo, a patto però che non si pretenda con ciò di fare scoperte (com'è di alcuni) nè di trovare virtù recondite in vecchi e piccoli cannocchiali, siccome è oggi di moda presso coloro che vedono in Marte, Giove e Saturno quello che vi si scorge e quello che... si sogna. Un poco di modestia non farebbe male a certi amici di Urania; ma la colpa è sopra tutto di chi li lusinga dando loro intendere che gli astronomi di professione hanno seguíto una falsa rotta e che la vera astronomia consiste in discutere della natura degli abitanti di questo o quel pianeta, discussioni dopo le quali se ne sa quanto prima. È questa una delle tante mistificazioni dell'epoca nostra.

Torniamo alla ellisse. Ricordati che in essa abbiamo definito l'asse maggiore ed il minore, i quali si tagliano ad angoli retti nel centro di detta curva, dividendosi ivi l'un l'altro per metà. Sull'asse maggiore ad eguale distanza dal centro, si trovano i due fochi. Nelle ellissi poco differenti da un cerchio, i due fochi

sono molti vicini al centro, nelle ellissi molto allungate i fochi distano molto dal centro, sono vicini ai vertici dell'ellisse, cioè alle estremità dell'asse maggiore, dette anche *apsidi* (1). Non confondere l'ellisse con l'ovale, che ha le due parti estreme non uguali, l'una essendo più rotonda dell'altra. E nemmeno stare o credere che col tracciare, a partire dallo stesso centro due archi di cerchio con raggio più piccolo di qua e di là dal centro dove si vogliono i vertici della ellisse, e poi altri due archi di cerchio con raggio più grande, di qua e di là nella direzione dell'asse minore si venga a tracciare una ellisse. No, la curva *ellisse* non ha che fare col cerchio, non può avere che tutt'al più quattro punti comuni con un cerchio, ma archi interi no. Nel disegnare piccole ellissi alcun metodo con serie di archi di cerchio potrà far confondere, all'occhio, il contorno di quelle false ellissi con quello di vere; ma, geometricamente parlando, un arco di cerchio non si può mai confondere con un arco di ellisse.

II. L'ellisse, ti dicevo, ha una grandissima importanza in Cosmografia, perchè i pianeti, le comete periodiche, i satelliti, in somma tutti gli astri stabilmente aggregati al nostro sistema, percorrono ellissi intorno al rispettivo centro di attrazione situato in un foco. Le ellissi dei pianeti e delle comete periodiche hanno il Sole in uno dei fochi, quelle dei satelliti vi hanno il rispettivo pianeta.

La Terra, che fra i pianeti principali occupa il terzo posto, cominciando a contare dal più vicino al Sole, descrive intorno a questo (che sta in un foco) una ellisse nel corso di un anno. Per ora ritieni la voce *anno*, in generale, in seguito ti dirò delle varie specie

(1) La voce *abside* deve lasciarsi all'Architettura.

di anni. Ma il moto tanto lineare quanto angolare [1] della Terra non è uniforme. Quando la Terra descrive quella parte dell'ellisse che è più vicina a quel foco dove sta il Sole, essa va con maggiore velocità che nell'altra. Questo fa dire agli astronomi che nel Sole ha sede una forza, la quale spiega maggiore efficacia quando gli astri gli sono più vicini. Nelle ellissi descritte dagli astri l'estremità (vertice) dell'asse maggiore in cui l'astro è più vicino al Sole vien chiamata *perielio*; l'altra, in cui per conseguenza esso è più lontano dicesi *afelio*. Per la Luna poi, che gira intorno alla Terra, quei due punti prendono rispettivamente il nome di *perigeo* e di *apogeo*. Tutti gli astri aggirantisi in orbite ellittiche hanno la massima velocità al perielio poi rallentano gradatamente, finchè all'afelio la loro velocità è minima. Dopo l'afelio la velocità comincia ad aumentare, ripassando per i valori che aveva nelle parti dell'orbita precedenti l'afelio, finchè al perielio ritorna ad esser massima con l'identico valore [2] del precedente passaggio.

Quanto alla Terra, al perielio essa descrive ogni giorno un angolo di $1^{0}.1'.8''$, nei pressi dell'afelio descrive $0^{0}.57'.10''$, Tu vedi che la differenza è sensibile quindi gli antichi astronomi se ne accorsero súbito. I numeri ora riferiti sono gli stessi che ti ho indicati pel Sole nella Lezione precedente; col fatto non è il Sole che percorre una ellisse intorno alla Terra, ma questa rotea intorno a quello; però i moti angolari apparenti sono gli stessi dei reali ossia effettivi. Verso il 1^{0} gennaio di ogni anno la Terra si trova al perielio, verso il 1^{0} luglio all'afelio.

---

(1) Qui abbiamo una ellisse reale, il contorno della quale si può misurare in chilometri, quindi possiamo misurare anche la velocità lineare della Terra, per es. in chilometri.

(2) Qui trascuriamo le perturbazioni; siamo nel semplice problema di due corpi (*Lezione XXI*).

Nella fig. 6, *PBAD* è l'ellisse terrestre, *S* il Sole in un foco, *C* il centro, *F'* l'altro foco. Si trovi una prima volta la Terra nel punto *T*, la retta o segmento rettilineo *ST*, che unisce il centro della Terra con quello del Sole, si chiama *raggio vettore* (1) e si suole indicare con *r*. L'angolo *PST* dicesi *anomalia vera* e s'indica con *v*. Quando la Terra si trova in *T'* il suo raggio vettore è *ST'*, l'anomalia vera è l'angolo ottuso *PST'*. Tu vedi che presso il perielio i raggi vettori sono più piccoli, più corti che presso all'afelio. Ora esiste una legge, scoperta da Kepler, che regola il moto della Terra, la sua velocità sull'orbita. Supponiamo l'arco *PT* percorso dalla Terra in venti giorni e l'arco *T'A* percorso nello stesso numero di giorni; se misuriamo in chilometri quadrati la superficie piana, l'area compresa fra le due rette (o segmenti) *SP* ed *ST* e l'arco *PT* ossia l'area del *settore ellittico PST*, e poi misuriamo l'area del settore più lungo *AST'*, *queste due aree sono eguali.* Dovunque si misuri il settore avente per base l'arco descritto (o percorso) dalla Terra in 20 giorni, per es. nei pressi del punto *B*, quest'area sarà sempre eguale a quelle dei due settori ora dette. E se si prende per base l'arco descritto in un giorno, o in trenta, o in cento ecc. qualunque sia il tempo, le aree dei settori ellittici descritti dal raggio vettore in tempi eguali sono eguali. Questa è la legge che regola la velocità della Terra, si può enunciarla così: *Le aree dei settori descritti dal raggio vettore sono proporzionali ai tempi.* Dopo un tempo doppio, l'area descritta sarà doppia, ecc.

Questa legge è generale per tutti gli astri che descrivono ellissi (2). Per esempio, ogni pianeta che ha

(1) Dal latino *vehere*, portare.

(2) E in generale per qualunque curva descritta sotto l'impero di una forza centrale.

satelliti rappresenta rispetto a questi quello che è il Sole rispetto ai pianeti. Prendiamo Giove, che ha 9 satelliti. Tutti questi descrivono intorno ad esso delle ellissi e Giove sta in un foco di ognuna di esse. Ogni satellite descrive col suo raggio vettore intorno a Giove settori ellittici, le aree dei quali sono proporzionali ai tempi. La Luna descrive intorno alla Terra come foco una ellisse, e le aree percorse dal suo raggio vettore sono proporzionali ai tempi.

Comprendi adesso che essendo nei pressi del perielio più corto il raggio vettore *ST* (fig. 6) l'arco *PT* descritto dalla Terra in 20 giorni dev'essere più lungo dell'arco *T'A* da essa descritto nei pressi dell'afelio anche in 20 giorni, quando il raggio *SA* è più lungo. Senza di questo, non sarebbe possibile formare aree eguali in quelle due parti dell'orbita.

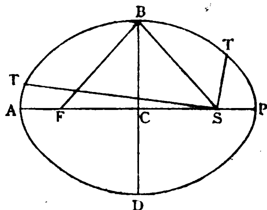


Fig. 6.

IV. Sul disegno (fig. 6) ho tracciato una ellisse molto più allungata o più eccentrica che non sia quella percorsa dalla Terra. In generale, le ellissi planetarie differiscono poco da cerchi, cioè l'asse maggiore è di poco più lungo dell'asse minore. Qui non parliamo di lunghezza effettiva, ma piuttosto del rapporto fra i due assi, perchè quanto a lunghezza l'asse maggiore dell'orbita terrestre è 42 mila chilometri più lungo dell'asse minore, lunghezza che ci sembra enorme, ma nel rapporto, l'asse maggiore sta al minore come 1,00000 sta a 0,99984.

Ricordati di quanto dicemmo nella Lezione III intorno alla eccentricità. Essa è il numero che esprime il rapporto della distanza di un foco dal centro al se-

miasse maggiore, e s'indica con e. Per la Terra abbiamo

$$e = 0{,}016\,75\ ^{(1)};$$

cioè l'eccentricità dell'orbita terrestre è eguale quasi ad un centesimo e mezzo.

Ricorderai che nell'ellisse meridiana dello sferoide terrestre l'eccentricità è molto più grande, cioè di 0,082; quindi l'orbita terrestre è anche più vicina al cerchio che non l'ellisse meridiana del nostro globo.

Riferendoti adesso alla fig. 6, capirai che quando ti dico essere l'eccentricità dell'orbita terrestre eguale a 0,01675, questo significa che

$$e = \frac{CS}{CP} = 0{,}01675,$$

cioè che CS è eguale a 0,01675 di CP. Se prendiamo la lunghezza CP per unità diremo che $CS = 0{,}01675$. Ora CS è la metà di FS, sicchè:

$$FS = 0{,}01675 \times 2 = 0{,}03350.$$

Rifletti adesso che fra il raggio vettore massimo SA, ossia la *distanza afelia* e il raggio vettore minimo SP ossia la *distanza perielia*, vi è appunto la differenza FS, e concluderai che nell'orbita terrestre la differenza fra la distanza afelia e la perielia è di 0,03350 *quando si prende per unità il semiasse maggiore* CP o CA, ossia a. E come $SP + SA = 2a$, sarà $a = \frac{SP + SA}{2}$, ossia *il semiasse maggiore è la media fra la distanza perielia e l'afelia*, quindi il semiasse maggiore chiamasi *distanza media*.

Adesso capirai perchè parlando delle parallassi ab-

(1) Nel 1900,0.

biamo molte volte spiegato che pel Sole e per la Luna si prende la parallasse che corrisponde alla distanza media. Supposta la Terra (fig. 6) a distanza dal Sole S eguale ad a ossia (per essere $SB = CP = a$) supposta la Terra in B, la parallasse del Sole è allora eguale ad o",806. E così per la Luna.

Ecco adesso le eccentricità per le orbite dei pianeti principali.

	e		e
Mercurio	0,20561	Giove	0,04833
Venere	0,00682	Saturno	0,05589
Terra	0,01675	Urano	0,04634
Marte	0,09331	Nettuno	0,00900.

LEZIONE IX

I. Il valore numerico della eccentricità e di un'orbita nulla ci dice delle dimensioni effettive dell'orbita stessa. L'eccentricità e è un numero astratto, una frazione, non una lunghezza in chilometri. Quando ti ho detto che l'eccentricità dell'orbita terrestre è eguale a 0,01675, ti ho dato soltanto il rapporto della distanza CS (fig. 6), del foco dal centro, alla distanza CP, cioè al semiasse maggiore. Se nella relazione

$$e = \frac{CS}{CP} = 0{,}016\ 75,$$

tu fai $CP = 1\ 000$ km, troverai:

$$CS = 0{,}01675 \times 1000 \text{ km} = 16{,}75 \text{ km};$$

se fai $CP = 1\ 000\ 000$ km, verrà $CS = 16\ 750$ km.

Al crescere di CP, cresce CS ed anche CB. Le dimensioni della ellisse terrestre cresceranno all'aumentare del semiasse maggiore, ritenendo costante l'eccentricità. Quindi col darti il solo valore di e per l'orbita terrestre, non ti ho detto nulla delle dimensioni di essa; ora quello che più t'interessa è di sapere quanto si estenda l'orbita della Terra, a quale distanza in chilometri essa si trovi dal Sole; non è così?

Se tu rappresenti sopra un foglio di disegno l'ellisse

terrestre e dai 10 centimetri di lunghezza al semiasse maggiore, l'eccentricità sarà sempre

$$e = \frac{CS}{CP},$$

e poichè $e = 0{,}01675$ e $CP = 100^{mm}$, sarà:

$$CS = 0{,}01675 \times 100^{mm} = 1^{mm}{,}675.$$

Se facciamo $CP = 1$ metro, troveremo:

$$CS = 16^{mm}{,}75.$$

Ma quanto è lunga effettivamente *CP*? La domanda equivale a questa: Come si determinano le distanze degli astri dalla Terra?

II. Ora, ti ricordi di quello che ti ho detto riguardo alla parallasse nella *Lezione III*? Ebbene, la parallasse, ossia l'angolo sotto il quale sarebbe veduto un raggio terrestre in un dato istante dal centro di un astro, ci dà modo di conoscere la distanza dell'astro del centro della Terra.

Tu non hai studiato Trigonometria, perciò non posso darti la formola che lega il raggio terrestre alla distanza dell'astro; ma mettendoci nel caso della fig. 2, cioè dell'astro all'orizzonte in *A* e nel piano dell'equatore terrestre *OMO'N*, ti dirò che la Trigonometria ci dà il rapporto della distanza *TA* al raggio equatoriale *OT*, purchè si conosca l'angolo *OAT*. Per esempio, pel Sole, alla distanza media dalla Terra, abbiamo

$$TA = 23\,439 \times OT,$$

cioè la distanza media del centro del Sole dal centro della Terra è eguale a 23 439 volte il raggio equatoriale della Terra. Ora tu sai che questo raggio è eguale a 6 378 290 metri, ti basterà quindi moltiplicare questa lunghezza per 23 500, con che avrai, in cifre tonde,

149 500 000 km,

questa è in chilometri la distanza media della Terra del Sole, o il semiasse maggiore della sua orbita.

Ma come si fa a misurare l'angolo *OAT?* L'osservatore in *O* dirigerà la sua visuale al centro del Sole in *A*, ma chi andrà ad osservare nel centro della Terra in *T*, e come si potrebbero vedere gli astri stando nel centro del globo? Senti, a quel modo che, per mettersi in buone condizioni, si cerca di osservare quando la parallasse è più grande, cioè quando è orizzontale, vi è modo di misurare un angolo più grande della parallasse, un angolo che può essere quasi il doppio di detta parallasse. Supponi infatti un secondo osservatore in *O'*, il quale diriga al centro del Sole (in *A*) la visuale *O'A*. L'angolo che formano le due visuali *OA* ed *O'A* si può determinare mediante osservazioni e misure celesti; esso è poi eguale alla parallasse *OAT* pel punto *O*, più la parallasse *O'AT* pel punto *O'*. Poichè la posizione dei due punti *O* ed *O'* sulla Terra e quindi i raggi terrestri locali sono conosciuti, tu comprendi che si può dedurre la parallasse orizzontale *OAT* dall'angolo più grande *OAO'*. Più lontani sono sul globo i due punti *O* ed *O'*, maggior base ha la parallasse che si deduce dalle loro osservazioni; ma non conviene osservare l'astro *A* all'orizzonte, nè in *O* nè in *O'*, perchè quando gli astri sono molto bassi i vapori dell'atmosfera rendono difettose le loro immagini e la rifrazione è soggetta a notevoli anomalie. È meglio che in *O* ed in *O'* si osservi quando l'astro trovasi ad 8° a 15° sull'orizzonte.

A dir vero questo metodo non si adopera pel Sole; chè la sua parallasse è molto piccola, di appena 8",806; gli errori inevitabili nel puntare il cannocchiale ad un oggetto celeste rappresentano una notevole frazione della parallasse che si cerca, per es. l'insieme degli errori, in questo metodo, giungerebbe ad $\frac{1}{30}$ della

parallasse del Sole e questa si otterrebbe con troppo grossolana approssimazione. Quindi per avere la parallasse del Sole si ricorre ad altri metodi e te ne parlerò altra volta (*Lezione XX*). Invece per la Luna, che è molto più vicina, e per qualche pianeta che si avvicina assai alla Terra, si adopera il metodo ora esposto dell'angolo fra le visuali dirette da due osservatori all'astro.

Moltissime osservazioni della Luna fatte in luoghi assai distanti sul globo hanno dato un valore molto preciso della sua parallasse, la quale alla distanza media, è di

$$57'.2'',70,$$

valore in cui non si può ammettere un errore di 0'',05. Dunque la parallasse lunare è conosciuta con precisione maggiore di:

$$\frac{0'',05}{57'.2'',70} = \frac{1}{68\,454}.$$

Un errore di un *centomillesimo* è ammissibile, ma conoscere con siffatta precisione un elemento celeste è un gran che. In chilometri la distanza media della Luna dalla Terra dedotta da questa parallasse e dal valore 6 378 290 m. del raggio equatoriale della Terra è in chilometri, di

$$384\,397,$$

cioè, in cifra tonda, di 384 400 km.

II. Siamo venuti a parlare della parallasse a proposito delle dimensioni effettive delle orbite planetarie, diamo adesso nel quadro seguente i semiassi maggiori delle loro ellissi. Mediante questi e le eccentricità date alla fine della *Lezione VIII* si potrebbero calcolare i semiassi minori, di cui per altro non si fa grande uso. Nel quadro seguente, per ognuno dei pianeti principali è dato il semiasse maggiore espresso in

quello dell'orbita terrestre preso come unità. Se si volessero le lunghezze in chilometri di quei semiassi maggiori, bisognerebbe moltiplicare i numeri dati in questo quadro per la lunghezza

149 500 000 km.

del semiasse maggiore dell'orbita della Terra.

Siccome poi la durata della rivoluzione di ogni pianeta è connessa con la lunghezza del semiasse maggiore e con altri dati del pianeta, diamo anche quella durata (1).

Moto medio angolare		Durata della rivoluzione	Semiasse maggiore
Mercurio	14 732″,4197	^{d} 87,969 256	0,387 0984
Venere	5 767 ,6698	224,700 80	0,723 3301
Terra	3 548 ,1928	1^{an} 0,006 36	1,000 0013
Marte	1 886 ,5183	^{an} 1.321,729 82	1,523 6781
Giove	299 ,1283	11.314,839	5,202 561
Saturno	120 ,4547	29.166,98	9,554 747
Urano	42 ,2309	84. 7,45	19,218 14
Nettuno	21 ,5349	164.280,3	30,109 57

La durata della rivoluzione per Mercurio e Venere è inferiore ad un anno ed è, come quella della Terra,

(1) I valori dei semiassi maggiori dati in questo quadro non sono esattamente quelli che verrebbero in base alle leggi di Kepler (ancorchè completate); ma in essi si è avuto riguardo alle perturbazioni planetarie (v. *Lezione XXI*). Similmente il semiasse maggiore dell'orbita terrestre non è qui esattamente eguale ad 1, ma ne differisce leggermente. In un manualetto come questo non possiamo entrare in altri particolari.

espressa in giorni e frazione di giorno. Per i pianeti superiori, Marte, Giove, ecc., quella durata abbraccia anni e giorni. Per ora non ti posso spiegare in che specie di anno terrestre sono espresse quelle rivoluzioni dette pure *tempi periodici;* ne parleremo in séguito.

La 1ª colonna di questo quadro contiene l'angolo di cui ogni pianeta si sposta in un *giorno medio*, in media, col suo moto intorno al Sole. Ti spiegherò fra poco che cosa sia il giorno medio. Il moto angolare medio si ottiene dal tempo della rivoluzione, perchè si sa che un giro intero, la circonferenza di un cerchio, contiene $360^0 = 1\,296\,000''$, e dividendo questo numero di secondi di arco pel numero di giorni che dura la rivoluzione di un pianeta, si ottiene quanti secondi di arco esso percorre, *in media*, in un giorno. A mo' di esempio, per Venere abbiamo

$$\frac{1\,296\,000''}{224{,}700\,80} = 5\,767'',669\,8.$$

Anche in questo quadro il numero delle cifre decimali non è lo stesso per tutti i pianeti, perchè gli elementi dell'orbita di ognuno di essi non sono conosciuti con lo stesso grado di precisione.

III. Tu mi domandi perchè io discorra soltanto delle distanze dei pianeti dal Sole e non di quella delle stelle; ma tu sai già che non c'è confronto alcuno fra le distanze degli astri del nostro sistema e quelle delle stelle. A dartene una idea più chiara, ecco io traccio su questa lavagna un piccolo cerchio che ha dieci centimetri o 100^{mm} di raggio. Adesso che conosci le distanze medie dei pianeti principali del Sole puoi subito dire, quale sarà, a questa scala (cioè in proporzione di 10 cm. pel semiasse maggiore della Terra) la distanza di ognuno dei detti pianeti del Sole. Così Mercurio avrà distanza:

$$0{,}378\,09\ldots \times 0^m{,}1 = 0^m{,}038\,709\ldots,$$

ossia, in cifra tonda, 39 millimetri.

Similmente Venere sarà a distanza media 72^{mm}; Giove a $520^{mm} = 0^{m},520$; Nettuno avrà distanza media $3^{m},011$.

Già la lavagna non basta più per contenere, a questa scala, le orbite di Saturno e dei pianeti che seguono; ma almeno anche l'orbita di Nettuno sarebbe compresa entro questa camera. Ebbene sappi che la stella più vicina, sempre a questa scala, dovremmo metterla nientemeno che laggiù a Brusasco, a circa 27 chilometri, in linea retta da noi. Infatti la stella più vicina alla Terra dista 267 mila volte più del Sole; poichè la distanza Terra-Sole (che s'indica coi simboli ♁ — ☉) l'abbiamo presa eguale a 10 cm., la distanza della stella più vicina sarà di

$$267\,000 \times 10 \text{ cm} = 27 \text{ km circa.}$$

Ora qui ricordati che già pei pianeti al dilà di Marte, cioè Giove, Saturno, ecc., la parallasse, l'angolo sotto il quale sarebbe veduto, da un osservatore ipotetico su di essi il raggio equatoriale terrestre all'orizzonte, è tanto piccolo che le osservazioni dirette, fatte sulla superficie della Terra, non ci potrebbero dare con precisione quella parallasse, per mancanza di una base sufficiente, cioè per essere troppo poca la distanza fra due luoghi terrestri in confronto con la distanza di quei pianeti; come dunque si fa a determinare con le osservazioni le parallasse delle stelle per averne poi la distanza in chilometri? Ti dirò che non si prende per base di quell'angolo il raggio equatoriale del globo terrestre, ma il semiasse maggiore dell'orbita della Terra, ossia il raggio dell'orbita terrestre la quale, in questa ricerca può ritenersi circolare.

A sei mesi d'intervallo la Terra si trova alle due estremità di un diametro della sua orbita; orbene, se in ognuna di quelle due epoche si dirige dalla Terra la visuale ad una stella, l'angolo fra queste due vi-

suali sarà il doppio della parallasse, come capirai facilmente, perchè la base della parallasse è il raggio, non il diametro dell'orbita[1]. Siffatta base sembra enorme, perchè si tratta di

2 × 149 500 000 k = 300 milioni di chilometri, circa;

eppure questa retta immensa è veduta dalle stelle sotto angoli tanto piccoli che non giungono mai ad 1″, anzi nella maggior parte dei casi o sono eguali a a 0″,00 oppure giungono appena ad alcuni decimi di 1″.

Se una stella avesse per parallasse 1″ intero, essa disterebbe dal sole 206 265 volte (circa) più della Terra. Vuoi saperne il perchè? Ricordati che, pur senza avere studiato Trigonometria, hai capito che esiste una relazione fra la retta che si prende per base dell'angolo di parallasse e la distanza dell'astro da noi. Prendiamo il caso di un astro all' orizzonte in *A* (figura 2); il triangolo *O T A*, che ti dà l'angolo *O A T* per parallasse orizzontale dell'astro *A*, ha l'angolo *T O A* retto. Bene, la parallasse ci dà la relazione fra il cateto e l'ipotenusa *T A*, ossia la distanza dell'astro dal centro della Terra. Ma se l'angolo *O A T* è di pochi secondi di arco, quella relazione si riduce alla forma semplicissima seguente:

Il rapporto dell'angolo A *al numero di secondi contenuti nel raggio è eguale al rapporto del cateto* O T *alla ipotenusa* T A.

Ti spiego meglio la cosa. Noi possiamo misurare la parallasse con la lunghezza dell'arco il quale ne esprime il numero di secondi. Per esempio, di un astro che avesse per parallasse 5″ possiamo dire: La sua

[1] Sorprende di leggere in molti opuscoli e periodici di astronomia popolare che la parallasse di una stella è l'angolo sotto il quale da essa si vedrebbe il *diametro* dell'orbita della Terra.

parallasse è lunga cinque volte più dell'arco di 1". Questa lunghezza la possiamo prendere sopra qualunque cerchio, ma poichè qui si tratta di rapporti, prendiamo per base un cerchio il quale avesse per raggio la distanza TA dell'astro. Poichè esprimiamo la parallasse in lunghezza, in misura lineare, potremo anche esprimere la lunghezza TA, cercando quante volte la lunghezza di 1" è contenuta nella lunghezza di un raggio.

Tu sai che la lunghezza della circonferenza è data dalla espressione $2\pi r$, nella quale il numero π è eguale a 3,141 592 6... ed r è la lunghezza del raggio, in qualunque unità lineare. Sai pure che la circonferenza contiene 360° e che ogni grado contiene

$$60 \times 60'' = 3600'',$$

quindi la circonferenza contiene 1 296 000". Se dunque la lunghezza $2\pi r$ è quella di 1 296 000", ossia:

$$2\,\pi\,r = 1\ 296\ 000'',$$

la lunghezza r sarà eguale a:

$$\frac{1\ 296\ 000''}{2\,\pi} = \frac{1\ 296\ 000''}{2 \times 3{,}141\ 59\ldots} = 206\ 264'',8\ldots$$

Dunque la lunghezza di un raggio è eguale a quella di 206 265", ossia la lunghezza del raggio contiene 206 265 volte quella dell'arco di 1".

Si dice allora: il raggio espresso in secondi è eguale a 206 265".

Capito questo, vedrai subito che se

$$\frac{\text{num.}^{\circ}\ \text{di secondi della parallasse}}{\text{num.}^{\circ}\ \text{di secondi contenuti nel raggio}} = \frac{OT}{TA},$$

pel pianeta che avesse 5″ di parallasse avremmo:

$$\frac{5''}{206\ 265''} = \frac{O\ T}{T\ A} \ (^1).$$

E poichè a noi interessa conoscere la lunghezza *T A* in chilometri e d'altronde conosciamo la lunghezza di *O T* in chilometri, diremo che *T A* è lungo tante volte il raggio equatoriale *O T*, quante volte 5″ sono contenuti in 206 265″, cioè 41 253. Sicchè quel pianeta disterebbe dalla Terra per 41 253 raggi equatoriali terrestri.

IV. Passiamo adesso alle stelle. La base della loro parallasse non è più il raggio equatoriale del globo, ma quello dell'orbita terrestre. Se una stella avesse per parallasse 5″, dovremmo dire che la sua distanza dal Sole è eguale a 41 253 volte il raggio dell'orbita terrestre, in altri termini, che la stella dista dal Sole 41 253 volte più della Terra.

Se la stella avesse parallasse 1″, disterebbe dal Sole 206 265 volte più della Terra, ecc.

Ora nessuna stella ha parallasse di 1″; la più vicina a noi, α *Centauri*, ha parallasse eguale a 0″,76, dunque essa dista dal Sole

$$\frac{206\ 265''}{0'',76} = 271\ 401 \text{ volte più della Terra.}$$

E comecchè la distanza ♁ — ⊙ sparisce quasi davanti a questa enorme lunghezza, possiamo supporre che la

(1) Possiamo scrivere:

$$\frac{T\ A}{O\ T} = \frac{206\ 265''}{5''}.$$

Ora il rapporto $\frac{206\ 265''}{5''}$ di quantità della stessa specie (secondi di arco) è un numero astratto, cioè 41 253, dunque:

$$T\ A = O\ T \times 41\ 253.$$

stella disti tanto dal Sole quanto dalla Terra e dire: la stella *α Centauri* dista da noi 271 401 volte più del Sole.

Se volessimo esprimere in chilometri questa distanza, dovremmo scrivere

$$271\,401 \times 149\,500\,000 \text{ km.}$$

Per contare numeri così grossi, si ricorre ad una unità di lunghezza molto più grande del chilometro, cioè al cammino che percorre la luce in un minuto secondo di tempo, che è in cifra tonda di 300 000 km. Tu sai che la luce non si propaga istantaneamente. In Fisica si citano diverse esperienze fatte sulla Terra per misurare la velocità, la quale è risultata eguale a 299 860 km. per 1^s.

Anche con questa unità di lunghezza, occorrerebbe mettere molti zeri per esprimere la distanza di una stella, ma allora si fa questo conto: si vede quanti chilometri percorra la luce in un anno, e si esprime la distanza di una stella con dire *quanti anni impiega la luce a giungerci da quella stella.*

In un anno si contano 365 giorni e un quarto (in cifra tonda); in un giorno poi si hanno $86\,400^s$ perchè un giorno contiene 24^h ed $1^h = 60^m$, $1^m = 60^s$. Dunque, in un anno si contengono

$$365{,}25 \times 86\,400^s \text{ (1).}$$

Se prendiamo 300 000 km per velocità della luce, in un anno essa percorre:

$$86\,400 \times 365{,}25 \times 300\,000 \text{ km.}$$

Comprendi adesso che risparmio c'è in esprimere la distanza delle stelle in anni di luce?

(1) Prendendo per base la distanza Terra-Sole, il cerchio (orbita terrestre) ha per centro il Sole, la distanza della stella si calcola rispetto a quel centro.

Per darti una idea delle parallassi di stelle, ne riunisco alcune nel quadro seguente, includendovi molte delle più grandi, cioè delle stelle a noi più vicine.

QUADRO DELLE PARALLASSI DI ALCUNE STELLE.

Stella	Parallasse	Anni di luce
α *Centauro*	0,"76	4,3
Sirio	0, 37	8,8
36 *Ofiuco*	0, 36	9,1
21185 *Lalande*	0, 34	9,6
Procione	0, 33	9,9
243 *Gould* Z (vh). . .	0, 31	10,5
τ *Balena*.	0, 31	10,5
1189 *Weisse* (10h) . .	0, 29	11,3
Σ *2398*	0, 29	11,3
61 *Cigno*.	0, 29	11,3
60 *Krueger*.	0, 28	11,7
9352 *Lacaille*	0, 28	11,7
η *Cassiopea*	0, 27	12,1
148 *Lalande*.	0, 25	13,1
σ *Dragone*	0, 24	13,6
θ *Cassiopea*	0, 23	14,2
45650 *Lalande*	0, 20	16,3
18115 »	0, 18	18,1
3883 D. W. + 36° . .	0, 18	18,1
ξ *Orsa Maggiore*. . .	0, 17	19,2
3077 *Bradley*	0, 13	25,1
1830 *Groombridge* . .	0, 10	32,6
41 *Hev. Andromeda*. .	0, 10	32,6
3227 *Bradley*	0, 09	36,3
Capra.	0, 08	40,8
La Polare	0, 07	46,6
α *Perseo*.	0, 07	46,6

LEZIONE X

I. Il Sole o meglio la Terra, lo abbiam veduto, percorre la sua orbita con velocità ineguale. Al perielio la velocità angolare e lineare della Terra è massima, all'afelio è minima. Cerchiamo adesso di combinare questo principio con l'altro della uniformità della rotazione della Terra. Questa impiega sempre lo stesso tempo a girare di 360° sul proprio asse, ossia a fare un giro completo. Se la Terra mentre ruota su sè stessa non si trasportasse insieme di un piccolo arco lungo la sua orbita, facendone il giro in un anno, ma fosse ferma dinanzi al Sole (cioè rimanendone fissi il centro e l'asse) e girasse soltanto uniformemente sul suo asse, essa durante una rotazione presenterebbe successivamente al Sole l'un dopo l'altro tutti i suoi meridiani. L'intervallo di tempo fra l'istante in cui un meridiano ha il centro del Sole nel suo piano al passaggio superiore e l'istante in cui, dopo una rotazione, quel meridiano si trova nuovamente ad avere il Sole nel suo piano, sarebbe costante. E poichè l'istante del passaggio del centro del Sole al meridiano superiore di un luogo è il *mezzogiorno vero* per quel luogo, ne seguirebbe che l'intervallo di tempo fra due passaggi del Sole pel meridiano, o se vuoi un *giorno solare astronomico*, cioè contato dal mezzogiorno come origine delle ore cioè come $0^h . 0^m . 0^s$, non dalla mez-

zanotte, come si fa nel *giorno civile*, quell'intervallo di tempo, la durata di quel giorno solare sarebbe costante. Tutti i giorni sarebbero eguali quanto a durata, potremmo dire sotto questo rispetto: *I giorni si seguono e sono eguali.* Ma purtroppo, come nell'ordine morale anche nell'ordine fisico, *i giorni si seguono ma non sono eguali.*

La Terra, mentre rotea sul suo asse, si trasporta lentamente lungo la sua orbita, pel moto che, come sai, chiamasi di *traslazione* ossia di *trasferimento;* ed allora che cosa accadrà? L'intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi del Sole pel meridiano sarà minore o maggiore di quello della rotazione della Terra? Ti dico subito che questo dipende dal senso in cui la Terra compie quei due movimenti. Se il moto di traslazione fosse di senso contrario a quello della rotazione, il giorno sarebbe più breve del tempo di una rotazione, un meridiano sarebbe presentato al Sole un po' prima di aver girato di 360°. Invece, effettivamente, tanto la rotazione quanto la traslazione si compiono nel senso da Ovest ad Est; quindi il giorno solare è più lungo della durata di una rotazione.

L'argomento è un pochino difficile, ma di grande importanza, perciò mi sta a cuore di spiegartelo bene. Ricorrerò ad una dimostrazione pratica. Questo lume messo sulla tavola ch'è in mezzo alla sala da pranzo rappresenti il Sole. Tu che stai a certa distanza dalla tavola e volgi la faccia al lume rappresenti la Terra, ed il tuo occhio destro figuri un luogo terrestre pel quale passa un meridiano di quella Terra che tu rappresenti. Beninteso che tu devi rimanere rigido e non girare il capo di qua e di là. Adesso se tu, senza camminare, giri su di te stesso tutto d'un pezzo intorno alla verticale che passa pel tuo capo, come se fossi irrigidito, da destra verso sinistra, vedrai subito che il tuo occhio destro non è più volto al lume, e

girando, a poco a poco dopo mezzo giro finirai col volgere le spalle al lume, cioè al Sole. È il caso della mezzanotte pel meridiano terrestre. Quando poi avrai compiuto un giro intero, di 360°, il tuo occhio destro tornerà a fissare il lume. Ecco l'immagine della rotazione terrestre. Questo intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi del Sole (il lume) pel meridiano superiore (il tuo occhio) sarebbe un giorno astronomico, da un mezzogiorno all'altro, ed avrebbe durata eguale a quella della rotazione.

Adesso, sempre girando con rapidità su di te stesso, spostati lentamente costeggiando la tavola, per modo che quando avrai fatto quattro giri su di te, tu ritorni al posto donde sei partito. Il giro che fai intorno alla tavola rappresenterà l'anno; avrai un anno di 4 giorni. Rifletti ora che, se tu giri lungo la tavola nell'istesso senso in cui giri su di te stesso (nel caso attuale da destra verso sinistra) l'intervallo fra due passaggi consecutivi, diciam così, del Sole (del lume) pel tuo meridiano (il tuo occhio) è un po' più lungo di prima. Quando il Sole sarà passato la seconda volta pel tuo meridiano, tu avrai girato un poco più di 360° su di te.

Per accertartene, fissa quella pendola sospesa alla parete. Nell'istante del primo passaggio del Sole pel tuo meridiano, l'occhio tuo vedeva dietro al Sole (il lume) la pendola; ma dopo un giro su di te ed uno spostamento di $\frac{1}{4}$ di giro (cioè di 90°) intorno al lume, quando avrai la pendola nella direzione del tuo meridiano, con che avrai fatto un giro di 360° su di te, il lume non lo hai di fronte, ma precisamente di fianco, a sinistra, a 90° dal tuo occhio. Ti occorre così fare ancora $\frac{1}{4}$ di giro su di te, per avere il lume di fronte.

Se invece tu girassi intorno alla tavola da sinistra a destra, ti accadrebbe di vedere il lume $\frac{1}{4}$ di giro prima di riveder la pendola, cioè dopo solo $\frac{3}{4}$ di rotazione, dopo avere girato su di te di 270^0 non di 360^0.

E così hai capito quello che accade per la Terra. Presentato un meridiano al Sole, essa prima di ripresentarlo nuovamente percorre circa $\frac{1}{365,26}$ della sua orbita, perchè compie una rotazione su di sè stessa in un intervallo di tempo che è presso a poco di un giorno, mentre impiega circa $365^d,26$ a compiere una rivoluzione intorno al Sole. Il senso della rotazione è lo stesso pei due moti, da occidente verso oriente. In conclusione, alla Terra occorre fare, oltre ad una rotazione completa, $\frac{1}{365,26}$ di giro su di sè, ossia $\frac{1}{365,26}$ di giorno, perchè il Sole passi nuovamente pel meridiano. L'intervallo di tempo fra due mezzodì veri consecutivi, cioè il *giorno vero*, è più lungo di quello della rotazione terrestre.

II. Continuando nella immagine precedente, se la pendola rappresenta una stella, poichè la pendola ti tornava di fronte prima del lume, concluderai che le stelle ripassano al meridiano prima che vi ripassi il Sole. Col fatto *(Lezione VII)* ti dissi che al Sole occorrono (in media), dopo 24^h del pendolo sidereo, altri $3^m.56^s,555$ di quell'orologio, per ripassare al meridiano. Ho detto in media, perchè, mentre la durata della rotazione è costante, la velocità della rivoluzione della Terra intorno al Sole non è costante. Al perielio essa è più grande il suo spostamento sull'orbita è maggiore di $\frac{1}{365,26}$ quindi occorre al Sole maggior tempo per ripassare pel meridiano, il giorno *vero è allora più lungo*. All'afelio,

la Terra si sposta più lentamente sulla sua orbita; mentre fa un giro su di sè essa percorre meno di $\frac{1}{365,26}$ della sua orbita, cioè ripresenta un meridiano al Sole un poco prima che non facesse al perielio; il *giorno vero è allora più breve.* Nelle posizioni intermedie la durata del giorno vero va crescendo dall'afelio al perielio, diminuendo da questo a quello.

Prima di dedurre importanti conseguenze da questo fatto che la durata del giorno vero varia continuamente da un giorno all'altro nel corso dell'anno, mi sta a cuore di essere preciso, esatto, perciò devo darti qualche complemento.

Altra cosa è l'intervallo fra due passaggi consecutivi della origine delle ascensioni rette, il punto γ, al meridiano, altra cosa la durata della rotazione terrestre. Nella rappresentazione pratica che ti ho dato poc'anzi, la pendola figurava una stella. Supponi adesso che l'ascensione retta di questa stella si conti o misuri da una origine non fissa, per esempio da un chiodo che tu vai piantando sulle pareti, in posizioni successive, spostandolo in senso contrario a quello della tua rotazione e rivoluzione, cioè da sinistra a destra. Spostandosi all'indietro l'origine delle α (il chiodo) crescerà l'ascensione retta della pendola, crescendo la sua distanza angolare dal chiodo; e tu quando girando su di te, senza camminare lungo la tavola, ma facendo la sola rotazione, quando, dico, sarai tornato col tuo occhio alla pendola, sarai tornato già un poco prima al chiodo, perchè in certo modo esso ti viene incontro. Il tempo di una rotazione completa su di te stesso sarà più lungo dell'intervallo fra due passaggi consecutivi del chiodo pel tuo meridiano (l'occhio). La durata della rotazione sarà un poco più lunga del giorno sidereo; ebbene appunto questo ha luogo per la Terra; il giorno sidereo di 24^h non misura esattamente il

tempo della rotazione terrestre, quantunque la differenza, in meno, sia piccolissima.

Ecco perchè ho preso qui $365^{d},26$ per la durata dell'anno anzichè $365^{d},24$; la prima durata è quella del ritorno della Terra ad una stella dopo aver fatto un giro di 360° intorno al Sole; nel caso tuo è il tempo di un giro completo intorno alla tavola, in modo di trovarti tu all'istesso posto di prima e di avere la pendola situata nell'istesso modo, ossia in modo da trovarsi il tuo occhio col lume e con la pendola sull'istessa retta; l'altra durata, un po' più breve è quella del ritorno della Terra al punto γ (che le va incontro), ossia, nella nostra immagine, il ritorno del tuo occhio, del lume e del chiodo nell'istesso piano perpendicolare al pavimento o alla tavola.

Il ritorno della Terra alla stessa posizione rispetto ad una stella fissa *l'anno sidereo;* il ritorno al punto γ fissa *l'anno tropico;* quello è lungo $366^{d},26$ questo $365^{d},24$. Ti basti questo per ora.

III. Hai dunque imparato che i giorni solari non hanno la stessa durata nel corso dell'anno. Però a produrre questa ineguaglianza entra non solo la ineguale velocità della Terra sulla sua orbita, ma anche l'obliquità del piano di questa rispetto a quello dell'equatore, sul quale, mediante i circoli orari, si contano le ore, il tempo.

Torniamo alla figura 5, di cui riproduco in grande scala una parte soltanto.

Sia $e e'$ l'equatore, P il suo polo; sia $E E' E''$ l'ecclittica, Π il suo polo.

Se sull'ecclittica prendiamo piccoli archi di lunghezza eguale, per es. uno *1-2* nelle vicinanze dell'equinozio di primavera (punto γ), un altro *3-4* vicinissimo al sostizio di estate in E', e per i punti *1*, *2*, *3*, *4* conduciamo circoli orari, cioè circoli massimi passanti per P, e li prolunghiamo fino a che incontrino

l'equatore *e e'* nei punti *a*, *b*, *c*, *d*, si può dimostrare che l'archetto *a b* sull'equatore è più corto dell'archetto *1-2* sull'ecclittica, mentre l'archetto *c d* è più lungo di *3-4*.

Se ne vuoi una dimostrazione elementare, sta a sentire. Nel triangolo *γ a 1*, che è composto di archi di

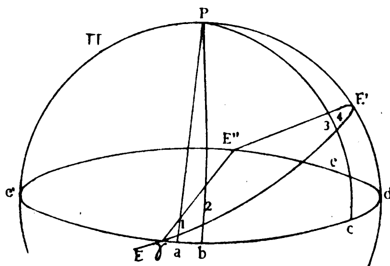


Fig. 7.

circolo massimo e quindi è un triangolo sferico ordinario, abbiamo che l'angolo *γ a 1* è retto, gli altri due angoli sono minori di 90^0, ed analogamente a quel che ha luogo nei triangoli rettilinei, l'ipotenusa *γ 1* è più lunga del cateto *γ a*. Similmente nel triangolo *γ b 2*, abbiamo $\gamma 2 > \gamma b$. Sicchè ***due circoli orari passanti vicino al punto γ abbracciano sull'ecclittica cerchi più lunghi che sull'equatore.*** Rifletti poi che tutto l'arco *γ E'* è di 90^0 siccome lo è pure *γ d*, perchè *γ* è il polo del circolo massimo *E' P Π* giacente nel foglio di disegno, e quindi *γ* dista di 90^0 da tutti i punti di questo circolo. Supponi che il triangolo sferico *γ a 1* vada crescendo, per modo che diventi prima *γ a* 2 e poi, aumentando sempre, diventi il triangolo *γ d E'*. Avremo in questo ultimo triangolo sferico due angoli retti; i lati *γ E'* e *γ d* sono allora eguali. Ebbene, se

a cominciare da y gli archi sull'equatore sono più corti di quelli sulla ecclittica e poi nel solstizio diventano eguali, bisogna dire che la parte che si aggiunge al cateto sull'equatore nei pressi del solstizio è più grande di quella che si aggiunge alla ipotenusa. Dunque: *Circoli orari passanti vicino al solstizio abbracciano sull'ecclittica archi più corti che sull'equatore.* Ma gli archi sull'equatore misurano il tempo, le ore; mentre quelli sull'ecclittica segnano il cammino del Sole; dunque, quand'anche il Sole percorresse con moto uniforme l'ecclittica $E\,E'\,E''$...., i cammini corrispondenti, in tempo, sull'equatore sarebbero minori nei pressi degli equinozî, maggiori nelle vicinanze dei solstizî.

Risulta dunque questo: *Sia perchè la velocità della Terra sull'ecclittica non è uniforme, sia perchè gli archi corrispondenti al cammino diurno della Terra sull'ecclittica non segnano sull'equatore archi ad essi eguali, l'intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi del Sole al meridiano, il giorno, non ha la stessa durata nel corso dell'anno.* Bada che qui non si tratta della più lunga durata del giorno rispetto alla notte, che ha luogo in estate e della minore durata del giorno in inverno. Questa ineguaglianza dipende dall'arco diurno che segna il tempo che il Sole sta sull'orizzonte, mentre noi stiamo adesso parlando di intervallo fra due passaggi consecutivi del Sole pel meridiano, intervallo che comprende l'arco diurno e l'arco notturno che formano un giorno.

IV. Prima di andar oltre intendiamoci circa il senso della parola *anno*. L'anno *civile* si compone di un numero esatto di giorni, cioè di 365 negli anni comuni 366 nei bisestili. Io non devo spiegarti che, essendo la vera durata dell'anno astronomico eguale a circa 365 giorni e $\frac{1}{4}$, questi quattro quarti per 4 anni successivi formano un giorno, che si conta in più in

ogni anno bisestile, cioè il 29 febbraio. Tutti gli anni i quali si indicano con un numero (il millesimo) divisibile per 4, sono bisestili. Quanto agli anni che finiscono con due zeri (cioè che risultano di secoli completi) su quattro consecutivi, tre sono anni comuni ed uno solo è bisestile. Così l'anno 1900 non fu bisestile, ma comune. Questa eccezione, ossia esclusione degli anni che chiudono un secolo, serve a correggere la non esatta eguaglianza fra $\frac{1}{4}$ e la frazione $0^d,242\ 198\ 79$ che segue i 365^d in un anno astronomico.

Ma che cosa è l'anno astronomico? Si usa dire: «l'anno è il tempo che impiega la Terra a fare un giro intorno al Sole»; ma non si spiega cosa s'intenda per giro. Dunque: se intendiamo un giro completo di 360°, l'anno è allora *la rivoluzione siderea* della Terra, analogamente alle rivoluzioni sideree dei diversi pianeti date nel quadro a pag. 86. Là tu vedi che la rivoluzione della Terra è eguale ad un anno più $0^d,006\ 36$; ma qual'è la durata dell'anno cui si riferiscono i dati di quel quadro? Quella durata è di $365^d,2500000$, cioè esattamente di $365^d\ \frac{1}{4}$. Questo è un anno fittizio, convenzionale, che non risponde a nessuna rivoluzione esatta della Terra, è l'anno detto *giuliano* da Giulio Cesare che ritenne l'anno effettivo eguale a $355^d\ \frac{1}{4}$. Tutte le rivoluzioni sideree dei pianeti, date nel quadro, sono espresse in anni giuliani e in loro frazioni.

La rivoluzione siderea o tempo periodico della Terra è esattamente eguale a

$$365^d,256\ 360\ 42.$$

Rivoluzione siderea vuol dire ritorno della Terra ad una medesima stella. Di questa specie di anno gli astro-

nomi fanno uso sovente, ma non così il pubblico. A questo interessa sapere il ritorno della Terra alla medesima posizione rispetto al Sole, perchè questo è che regola le stagioni e i lavori dei campi, le feste civili e religiose, ecc. Ora l'intervallo fra due passaggi consecutivi del Sole per lo stesso equinozio (si usa sempre quello di primavera) dà la durata dell'*anno tropico*, che è pel 1900:

$$365^d,242\,198\,79.$$

Come vedi, esso è più breve dell'anno sidereo e del giuliano. Per giungere a conoscere la durata di questo anno con tanta precisione si misura l'intervallo di tempo trascorso fra due passaggi del Sole pel punto γ non consecutivi, ma separati da 30, 40 anni. Quella durata immensa si divide per 30 o 40 e si ottiene l'anno tropico con grande esattezza.

Tu mi domandi adesso perchè il ritorno del Sole (ossia della Terra) al punto γ ha luogo prima del suo ritorno ad una stella; ebbene sappi che il *punto γ non è fisso in cielo come lo sono le stelle*. L'equatore $e\,e'$ (fig. 8) si sposta lentamente nel corso dell'anno sulla ecclittica, per modo che se prima occupava il posto indicato da $e\,e'$ e passava per γ, un anno dopo occupa il posto $e_1\,e_1'$, e passa per γ'; dopo un altro anno passerà per γ'', e così via. L'intervallo fra γ e γ', γ' e γ'', ecc., è presso a poco costante ed attualmente eguale a 50",2564 [1]. Nell'andare dei secoli però esso oscilla fra 52",664 08 e 48",212 40.

Ora tu comprendi che, percorrendo il Sole (o la Terra) l'ecclittica, a capo ad un anno, prima di tornare al punto γ, fissato sulla ecclittica, esso incontra il punto γ', e dopo un altro giro sulla ecclittica il Sole incontra il punto γ'', e così via. In altre parole, mentre

(1) In un anno tropico.

il Sole fa il suo giro sulla ecclittica EE' nel senso indicato dalla freccia, il punto γ si muove in senso contrario, va incontro al Sole; quindi il Sole, prima di fare un giro completo di 360° sulla ecclittica, passa nuovamente per l'equinozio di primavera, cioè: *L'anno tropico è più breve dell' anno sidereo.* L'equinozio ha luogo prima di quel che sarebbe se l'equatore non strisciasse sulla ecclittica passando successivamente per le posi-

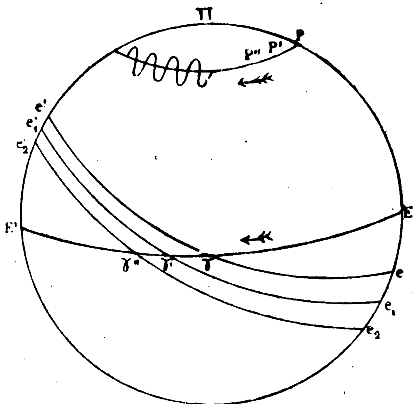


Fig. 8.

zioni $e\,e'$, $e_1\,e_1'$, $e_2\,e_2'$, ecc., l'equinozio *precede;* ecco perchè a questo fenomeno dello indietreggiare del punto γ fu dato il nome di *precessione degli equinozî.*

Naturalmente quando l'equatore ha presa la seconda posizione, $e_1\,e_1'$ che passa per γ', il suo polo celeste non è più P ma P', e quando passa per γ'' il polo è P'', ecc. In Astronomia si dimostra che il polo P descrive un piccolo cerchio della sfera, un parallelo in-

torno al polo Π dell'eclittica, nell'intervallo di 25695 anni. Però il moto su quel parallelo non è assolutamente uniforme, nè poi si tratta di un vero parallelo, ma di una curva irregolare che si avvicina ad esso.

E poichè sono a parlarti di questo, guarda quella curva sinuosa che nella figura serpeggia sopra e sotto il parallelo $P\,P'\,P''$ descritto dal polo. Ebbene sappi che effettivamente il polo celeste non percorre quel parallelo ma questo è percorso dal centro di una piccola ellisse, mentre il polo percorre il contorno di questa ellisse; sicchè il polo sta or sopra or sotto quel parallelo, mentre il centro di quella ellisse gira sempre con moto uniforme intorno a Π. Abbiamo così una serie di oscillazioni sopra e sotto il parallelo $P\,P'\,P''$. A percorrere quella ellisse il polo impiega anni 18 $^3/_5$. Quest'altro spostamento dell'asse terrestre nello spazio chiamasi *Nutazione*, dal latino *nutare*, che vuol dire oscillare. Torneremo in seguito (*Lezione XIII*) sulla Precessione e sulla Nutazione.

V. Intanto poichè sono a dirti delle diverse specie di anni, aggiungerò che vi è pure l'anno *anomalistico* ch'è il tempo che impiega la Terra a tornare al perielio (o all'afelio) della sua orbita. Ti sorprende forse che oltre l'anno sidereo, che è dato dal tempo che impiega la Terra a fare un giro completo di 360^0, sulla sua orbitá, vi sia un anno, una durata diversa pel suo ritorno al perielio: ma sappi che il perielio non è fisso in cielo; se adesso corrisponde ad una stella, dopo un anno si sarà portato al di là di essa, verso oriente, di 11'',78 ([1]). Il perielio dunque si muove nel senso *diretto* cioè da destra a sinistra, da occidente ad oriente, mentre il punto γ si muove nel senso *retrogrado*. E allora la Terra, dopo essere tornata ad una stella, dopo aver percorsi 360^0, dovrà percorrere ancora un piccolo archetto onde raggiungere il perielio. La durata dell'anno anomalistico è di

$$365^d,259\,64.$$

s'intende che la differenza in durata fra l'anno sidereo si ha calcolando quanto tempo impiega la Terra a percorrere 50'',2564 col suo moto medio, che abbiamo trovato eguale a 3 548'',192 804 (v. quadro a pag. 86).

$$\frac{50'',256\,4}{3\,548'',192\,8\ldots} = 0^{d},014\,161\,63.$$

Questa è appunto la differenza fra l'anno sidereo ed il tropico.

Finalmente la differenza per l'anno sidereo e l'anomalistico è data da

$$\frac{11'',42}{3\,548'',1928\ldots} = 0^{d},003\,28.$$

(1) Il perielio avanza di 61'',78 in *longitudine* ma poichè il punto indietreggia di 50'',256 4 rimangono 11'',52.

LEZIONE XI

I. Discorse tutte queste cose, tu capirai cosa voglia dire *giorno solare medio* o semplicemente *giorno medio*. Posciacchè la durata del giorno astronomico, intervallo fra due passaggi consecutivi del Sole pel meridiano, varia nel corso dell'anno, si fa la media di tutte le durate dei giorni (e frazione di giorno) contenuti in un anno tropico e si ha il *giorno medio*. Questa è l'unità in cui sono espressi gli anni tropico, giuliano, sidereo, anomalistico.

Le rivoluzioni dei pianeti (quadro a pag. 86) sono espresse in anni giuliani e in giorni medî; le durate delle loro rotazioni (quadro a pag. 56) sono anche espresse in giorni medî. Del giorno sidereo non si fa uso quando si tratta di misurare intervalli di tempo superiori ad un giorno.

A quel modo che *giorno vero astronomico* vuol dire intervallo fra due passaggi consecutivi del sole al meridiano superiore, il ***giorno medio astronomico è l'intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi, al meridiano superiore, di un Sole ideale, fittizio, il quale percorresse l'equatore con moto uniforme***. Il *giorno medio civile* è l'intervallo fra due passaggi del Sole medio pel meridiano inferiore; esso è eguale in durata al giorno medio astronomico, però comincia a mezzanotte; quindi l'ora in tempo civile precede di 12^h quella astronomica. Quando sono 13 ore in tempo civile abbiamo appena 1 ora in tempo astronomico.

Adesso che sai che il punto γ indietreggia continuamente, capirai meglio la differenza fra la durata della rotazione terrestre ed il giorno sidereo. Supponi una stella proprio nel punto γ, in modo che la stella e il punto γ passino insieme pel nostro meridiano ed alla stessa altezza sull'orizzonte. Quando la Terra avrà compiuta una rotazione intorno al suo asse, la stella passerà nuovamente pel meridiano, ma il punto γ non passerà più insieme alla stella, esso avrà indietreggiato di

$$\frac{50'',256\,4}{365,242\,2} \quad \text{cioè di} \quad 0'',013\,76.$$

e indietreggiando, sarà incontrato dal meridiano, che consideriamo sulla Terra, ***prima che sia incontrata la stella***, il giorno sidereo, è quindi più breve della durata della rotazione terrestre, e la differenza è il tempo che impiega la Terra a descrivere il piccolo arco di 0'',01376 col suo moto di rotazione, cioè $0^s,00091733$.

Evvi anche un'altra differenza, cioè che la durata della rotazione terrestre è costante (1), mentre il giorno sidereo non lo è, perchè il moto retrogrado del punto γ non è assolutamente uniforme, specialmente per effetto della Nutazione. Ma, ripeto, non si misurano lunghi intervalli di tempo col giorno sidereo.

Anche in causa delle piccole ineguaglianze del moto del punto γ, l'istesso anno tropico non è assolutamente costante ed attualmente va accorciandosi. In 2050 anni si è accorciato di 11^s, cioè al tempo d'Ipparco l'anno tropico durava 11^s dippiù che attualmente. Ecco perchè, quando si dà il valore

$$365^d,242\,128\,79$$

(1) Le piccole variazioni nella durata della rotazione terrestre che s'introducono da Delaunay, Brown ed altri nella Teoria della Luna non sono dimostrate in modo sicuro.

per l'anno tropico si aggiunge che questo valore si riferisce al 1900,0.

Anche l'eccentricità dell'orbita terrestre varia lentissimamente e di poco: il valore $e = 0{,}016\ 75$ corrisponde anche al 1900,0.

Ma delle variazioni secolari degli elementi dell'orbita terrestre ti darò un cenno altrove *(Lezione XXI)*.

II. Torniamo al giorno medio. Questo, come hai capito, è un giorno fittizio, però essendo costante, può servire per vera norma allorchè si tratta, per esempio, di regolare un orologio. Se volessimo regolarci col passaggio del Sole effettivo pel meridiano, avremmo in certe epoche dell'anno un intervallo più lungo, in altre, più breve. Gli orologi non potrebbero regolarsi così.

Inoltre, in Fisica, in Meccanica, in tante altre scienze sperimentali si usa sempre il tempo medio.

Quando il Sole medio passa al meridiano si ha il mezzogiorno medio; invece il mezzodì vero, l'istante del passaggio del Sole vero pel meridiano, ora precede ora segue il mezzodì medio. La differenza fra il tempo medio ed il vero vien chiamata ***equazione del tempo***. Quando il Sole vero passa dopo il medio l'equazione è *additiva*, cioè bisogna aggiungerla all'ora vera per avere l'ora media, quando invece il Sole vero precede, l'equazione è *sottrattiva*. Capirai che per passare da un valore positivo ad un altro negativo quella equazione si deve annullare. Col fatto vi sono 4 epoche dell'anno, nelle quali l'equazione del tempo è nulla. Ecco quelle date:

15 aprile, 15 giugno, 1 settembre e 15 dicembre.

Poichè gli anni sono ora comuni ora bisestili, perchè la durata dell'anno non può esprimersi con un numero intero di giorni, vi può essere uno o due giorni di differenza fra le date ora indicate e quelle in cui l'equazione del tempo è eguale a zero.

Poichè questa equazione partendo dal valore zero prende un valore ora positivo, ora negativo e poi ritorna a zero, è chiaro che essa dopo di essere giunta ad un valore *massimo*, negativo o positivo, comincia ad impiccolirsi avvicinandosi a zero. I giorni nei quali l'equazione del tempo è massima sono presso a poco i seguenti:

11 febbraio, 15 maggio, 27 luglio, 3 novembre.

Il più breve giorno vero si ha verso il 26 marzo; allora la durata del giorno vero è inferiore di 18^s al giorno medio; dopo il 26 marzo, il giorno vero va crescendo fino al 20 giugno, quando oltrapassa di 13^s la durata del giorno medio. In séguito diminuisce fino a passare per un minimo il 15 settembre, quando è di 21^s più breve del giorno medio; appresso il giorno vero cresce nuovamente fino al 22 dicembre, quando eccede di 30^s il giorno medio; poi la durata del giorno vero diminuisce fino al 26 marzo seguente.

III. Ecco una Tabella della equazione del tempo, per mezzodì; tabella che permette di passare dal tempo solare vero al medio. Tu sai bene che le meridiane o quadranti solari (orologi a sole) dànno l'ora vera, perchè è il Sole vero che produce l'ombra dello stilo, la quale tocca successivamente le diverse ore di quel quadrante. Ebbene, se un orologio a sole ben costruito può darci l'ora vera entro 10^s, in più o in meno, tu capisci come si possa e si debba tener conto della equazione del tempo per passare dall'ora indicata dal quadrante solare all'ora media di cui ci serviamo.

Le correzioni sono date nella Tabella di 5 in 5 giorni con l'approssimazione di 5^s, più che sufficiente. Se avessi voluto dare i secondi esatti, la Tabella non potrebbe servire per tutti gli anni. Nelle date intermedie la correzione o equazione si trova *interpolando*,

cioè calcolando una semplice proporzione. Ad esempio, se tu cerchi l'equazione del tempo pel 3 aprile, troverai che pel 1⁰ aprile essa è di $+ 4.^{m} 15^{s} = 255^{s}$, pel 6 aprile è di $+ 2.^{m} 45^{s} = 165^{s}$. Dunque in 5 giorni l'equazione diminuisce di $255^{s} - 165^{s} = 90^{s}$. Allora tu dirai: Dal 1⁰ al 3 aprile corrono 2 giorni, ora l'equazione del tempo perde 20^{s} in 5 giorni, quanti ne perderà in 2? Stabilirai quindi questa proporzione:

$$5^{d} : 90^{s} :: 2^{d} : 36^{s} .$$

Dunque dalla equazione: $+ 4^{m}.15^{s}$ corrispondente al 1⁰ aprile dovrai diffalcare 36^{s} e troverai: $3^{m}.39^{s}$ per equazione del tempo pel 3 aprile.

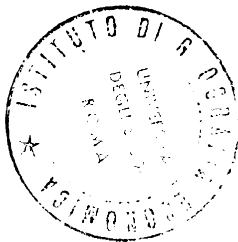


TABELLA DELLA EQUAZIONE DEL TEMPO.

Correzione additiva o sottrattiva da farsi a mezzodì *vero* per avere il mezzodì *medio*.

			m s
Gennaio	*1*	+ 3m.20s	
			+ 2.15
	6	+ 5 .35	
			+ 2.10
	11	+ 7 .45	
			+ 1.55
	16	+ 9 .40	
			+ 1.35
	21	+ 11 .15	
			+ 1.15
	26	+ 12 .30	
			+ 1. 0
	31	+ 13 .30	
			+ 0.35
Febbraio	*5*	+ 14 . 5	
			+ 0.20
	10	+ 14 .25	
			— 0. 5
	15	+ 14 .20	
			— 0.20
	20	+ 14 . 0	
			— 0.40
	25	+ 13 .20	
			— 0.50
Marzo	*2*	+ 12 .30	
			— 1. 5
	7	+ 11 .25	
			— 1.15
	12	+ 10 .10	
			— 1.25
	17	+ 8 .45	
			— 1.30
	22	+ 7 .15	
			— 1.30
	27	+ 5 .45	
			— 1.30

		(+ 3 .15)	
			+ 0.55
Luglio	*5*	+ 4m.10s	
			+ 0.50
	10	+ 5 . 0	
			+ 0.40
	15	+ 5 .40	
			+ 0.25
	20	+ 6 . 5	
			+ 0.15
	25	+ 6 .20	
			— 0. 5
	30	+ 6 .15	
			— 0.15
Agosto	*4*	+ 6 . 0	
			— 0.30
	9	+ 5 .30	
			— 0.45
	14	+ 4 .45	
			— 1. 0
	19	+ 3 .45	
			— 1.15
	24	+ 2 .30	
			— 1.25
	29	+ 1 . 5	
			— 1.30
Settembre	*3*	— 0 .25	
			— 1.40
	8	— 2 . 5	
			— 1.40
	13	— 3 .45	
			— 1.50
	18	— 5 .35	
			— 1.45
	23	— 7 .20	
			— 1.40
	28	— 9 . 0	
			— 1.40

Aprile	*1*	+	4	.15	— 1.30
	6	+	2	.45	— 1.25
	11	+	1	.20	— 1.20
	16		0	. 0	— 1. 5
	21	—	1	. 5	— 1. 0
	26	—	2	. 5	— 0.50
Maggio	*1*	—	2	.50	— 0.35
	6	—	3	.25	— 0.20
	11	—	3	.45	— 0. 0
	16	—	3	.45	+ 0.10
	21	—	3	.35	+ 0.20
	26	—	3	.15	+ 0.35
	31	—	2	.40	+ 0.45
Giugno	*5*	—	1	.55	+ 0.55
	10	—	1	. 0	+ 1. 5
	15	+	0	. 5	+ 1. 5
	20	+	1	.10	+ 1. 0
	25	+	2	.10	+ 1. 5
	30	+	3	.15	+ 0.55
	(	+	4	.10)	
Ottobre	*3*	—	10	.40	— 1.30
	8	—	12	.10	— 1.20
	13	—	13	.30	— 1. 5
	18	—	14	.35	— 0.55
	23	—	15	.30	— 0.35
	28	—	16	. 5	— 0.15
Novembre	*2*	—	16	.20	+ 0. 5
	7	—	16	.15	+ 0.25
	12	—	15	.50	+ 0.45
	17	—	15	. 5	+ 1. 5
	22	—	14	. 0	+ 1.25
	27	—	12	.35	+ 1.45
Dicembre	*2*	—	10	.50	+ 2. 0
	7	—	8	.50	+ 2.15
	12	—	6	.35	+ 2.25
	17	—	4	.10	+ 2.25
	22	—	1	.45	+ 2.30
	27	+	0	.45	+ 2.35
Gennaio	*1*	+	3	.20	

IV. Ma tu sai che il tempo medio di cui ci serviamo non è quello di questo luogo, di questo meridiano, sibbene è il *tempo medio dell'Europa centrale*. Ogni punto terrestre ha il suo meridiano, e quando il Sole medio vi passa si ha il *mezzodì vero locale*, comincia il *giorno medio astronomico locale*. Ma se si volesse per ogni luogo terrestre seguire il *tempo medio locale*, ne verrebbe una confusione, specialmente nelle comunicazioni, nei viaggi. L'ora di Venezia anticiperebbe di 18.^{m} 15^s su quella di Pino Torinese; quella di Catania anticiperebbe di 29.^{m} 15^s, e così via. Tu vedi che grave inconveniente ne seguirebbe, per dirne una, nel regolare l'orario delle ferrovie. Del resto anche in certe ricerche scientifiche, per evitare riduzioni da un meridiano all'altro, conviene servirsi di un tempo unico. Accadendo in un dato luogo un fenomeno, per es. una scossa di terremoto, l'apparizione di una notevole stella cadente, ecc., esso sarebbe osservato e riferito al tempo locale, e questo dato non si potrebbe utilizzare in un altro luogo senza ridurre il tempo della prima località a quello della seconda.

A fine di evitare questi gravi inconvenienti si è adottata in ogni Stato (¹) un'ora unica, un tempo unico, dividendo la sfera terrestre in 24 fusi orarî, cioè ognuno dell'ampiezza di 15^0 ossia di 1^h, e si è preso per origine quello che si estende 30^m ad Est e 30^m ad Ovest dell'Osservatorio di Greenwich. Questo è il primo fuso, e nei paesi che si trovano compresi in esso (Inghilterra, Francia, Spagna, ecc.) si usa il tempo di Greenwich; nei paesi compresi nel fuso che segue il primo, ad Est, si usa il tempo di Greenwich au-

(¹) Salvo per gli Stati che si estendono immensamente in longitudine, come la Russia, gli Stati Uniti, ecc. pei quali si sono adottate le ore di due o tre fusi diversi.

mentato di un'ora, e si capisce il perchè. I luoghi che sono ad Est di un altro vedono il Sole prima di questo; il tempo, sia vero, sia medio locale dei luoghi ad Est di un luogo è in anticipo sul tempo di questo. Invece nei paesi ad Ovest le ore sono in ritardo. La Danimarca, il Belgio, l'Italia, l'Austria, la Germania usano il tempo del 2^0 fuso orario (dell' Europa Centrale), cioè quello che ha 1^h di anticipo su quello di Greenwich. Quando gli orologi di qui segnano le 11 in tempo dell'Europa Centrale, anche gli orologi di Roma, Milano, Venezia segnano le 11; invece quelli della Francia, dell'Inghilterra, della Spagna segnano le 10.

Il tempo della Europa Centrale, adottato in Italia è altresì tempo medio locale per pochissimi luoghi d'Italia, come Termoli, la vetta dell'Etna, ecc.; la quasi totalità dei comuni d'Italia si serve quindi di un tempo che è o in anticipo sul tempo medio locale o in ritardo. Poichè il meridiano dell'Europa Centrale taglia molto ad Est l'Italia, per la maggior parte dei comuni del nostro paese il tempo che si usa è in anticipo sul tempo locale. Per Pino Torinese l'ora comune avanza di $28.^m 54^s$ su quella locale; per Torino l'anticipo è anche più grande.

LEZIONE XII

I. Discorse tutte queste cose sul tempo, posso rispondere ad una domanda che mi hai fatta al principio di queste lezioni, quando parlammo del sorgere e tramontare del Sole. Tu mi domandasti perchè verso il 22 settembre, data dell'equinozio di autunno, il Sole, pure trovandosi sull'orizzonte, non sorge alle sei del mattino e non tramonta alle sei di sera. Questo accadrebbe, se usassimo il tempo *vero* locale; ma poichè ci serviamo del tempo medio, e per giunta di un tempo medio che anticipa quasi di mezz'ora sul tempo medio locale, capirai che il Sole vero è per noi sempre in ritardo sul Sole medio. Se ci servissimo del tempo medio locale, il Sole vero, dato il diverso valore della equazione del tempo, ora anticiperebbe sul Sole medio ora ritarderebbe; ma poichè l'equazione del tempo giunge al massimo a $16^m.20^s$ (ai primi di novembre) mentre la differenza fra il tempo medio locale e quello dell'Europa Centrale è di $28^m.54^s$ è evidente che per quanto anticipi il tempo vero sul medio locale, esso sta sempre in ritardo rispetto al tempio medio dell'Europa Centrale. In febbraio, quando ci sediamo a tavola per la colazione di mezzogiorno il Sole anzichè passare al meridiano lo raggiungerà solo dopo 46^m e più (verso il 15 febbraio) perchè allora l'equazione del tempo si addiziona con la diffe-

renza in tempo fra il nostro meridiano e quello dell'Europa Centrale. Invece in novembre l'equazione del tempo si sottrae dalla differenza ora detta e l'anticipo del nostro mezzogiorno sul mezzodì locale è di appena $12^{m}.30^{s}$ (verso il 2 novembre) [1].

Così hai capito perchè in questo luogo nelle stesse epoche dell'anno il Sole effettivo sorge ad ora più avanzata che a Bologna, Padova, Venezia, e invece tramonta sempre più tardi.

II. Passo a darti alcune spiegazioni intorno alla durata delle stagioni. In quello che son per dire ritieni che l'inverno, la primavera, ecc. sono da noi considerati pel nostro emisfero, chè per l'emisfero australe le stagioni sono invertite, avendosi ivi estate quando da noi è inverno, autunno quando da noi è primavera, ecc.

Avrai notato nel calendario che le stagioni non durano egualmente; infatti ecco le loro durate

Primavera	$92^{d}.20^{h}$
Està	93 .15
Autunno	89 .15
Inverno	89 . 0

Ora donde nasce questo?

Torniamo all'orbita che la Terra percorre (fig. 9); sieno P il perielio, A l'afelio, S il foco dov'è il Sole. La Terra percorre l'orbita nel senso delle frecce, ma con ineguale velocità, raggiungendo il massimo di velocità in P, il minimo in A.

Conduciamo la perpendicolare MN alla linea apsidale AP; le quattro parti in cui rimane così divisa l'orbita non sono percorse tutte nello stesso tempo; ma lo sono bensì prese a due a due; cioè tanto tempo

---

[1] Così pure è per la equazione del tempo che in gennaio le giornate si allungano soltanto rispetto al tramonto del Sole, il quale accade più tardi, non quanto al sorgere del Sole, che ha luogo alla stessa ora, non anticipando.

impiega la Terra ad andare da *N* a *P*, quanto da *P* ad *M*; e similmente l'arco *MA* è percorso nell'istesso tempo che l'arco *AN*. Se adesso le stagioni cominciassero nei punti *N*, *P*, *M*, *A*, avremmo le loro durate eguali due a due. Se poi supponiamo che l'inverno cominci quando la Terra passa pel perielio *P*, avremo in questa ipotesi che la durata dell'autunno (arco *NP*) più quella dell'inverno (arco *PM*) sarà minore delle durate della primavera (arco *MA*) e dell'estate (arco *AN*) prese insieme.

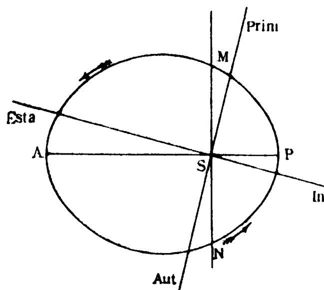


Fig. 9.

In realtà, se si conducono pel Sole due rette perpendicolari fra loro (¹) e corrispondenti ai punti dove si trova la Terra negli istanti in cui comincia ogni stagione (punti che sulla figura sono indicati con *Prim.*, *Est.*, ecc.) queste due rette non coincideranno con la linea aspidale *A P* e con la perpendicolare ad essa, ma si scostano un poco da esse. L'inverno comincia verso il 22 dicembre, cioè circa 10 giorni prima che la Terra passi pel perielio *P*; la primavera comincia verso il 21 marzo, cioè circa 10 giorni prima che la

(¹) La fig. 5 fa vedere come le rette passanti l'una per gli equinozi l'altra pei solstizi sono perpendicolari l'una all'altra.

Terra si trovi in *M*, e così di seguito. Sicchè la durata complessiva della primavera e dell'estate è maggiore di quella dell'autunno e dell'inverno. Questa è attualmente la posizione relativa di quei due gruppi di rette perpendicolari fra loro; ma questo stato di cose non durerà sempre. Il punto *γ* (*Prim.*) come tu sai, indietreggia, cioè si muove nel senso contrario a quello della Terra (indicato dalle frecce) e così va scostandosi dal punto *M*, finchè dopo 5000 anni sarà giunto in *P*. Avremo allora che la primavera comincerà quando la Terra si trova alla massima vicinanza al Sole; l'inverno poi comincerà in *N*, e quindi la somma della durata dell'inverno e della primavera

(tempo impiegato dalla Terra a percorrere gli archi $NP + PM$)

sarà minore della durata complessiva dell'estate e dell'autunno. Capirai che verrà un'epoca in cui la somma della primavera e dell'estate sarà minore di quella dell'autunno e dell'inverno. Allora nel nostro emisfero avremo inverno quando saremo più lontani dal Sole, il che si avvera adesso per l'emisfero australe.

III. Questo fatto lo vedrai meglio se disegnerai in una figura schematica il cono della precessione. Vedrai allora che a capo a 12 900 anni l'asse della Terra, pur conservando (presso a poco) la stessa inclinazione alla Ecclittica, avrà girato di 180^0 nello spazio.

Nella figura 10, EE' rappresenta l'orbita ecclittica descritta dalla Terra [1], T e T' sono due posizioni di questa a distanza di 12 900 anni. Si vede che l'asse terrestre ha fatta fra T e T' una mezza rotazione cioè di 180^0. Il cono P, P', P'', C, rappresenta con le successive generatrici CP, CP' CP'' le direzioni che prende successivamente l'asse (ideale) di rotazione della Terra

[1] Non si parla qui del circolo massimo dell'ecclittica, che sulla sfera corrisponde a quest'orbita, ma della ellisse realmente descritta dalla Terra.

intorno all'asse (ideale) della ecclittica $C\Pi$. Poichè le dimensioni dell'orbita effettiva EE' della Terra sono evanescenti rispetto alla sfera celeste, i punti P, P', P'' segnano su questa sfera le posizioni occupate successivamente dal polo celeste.

Se supponiamo che P, P', P'' si riferiscano al polo boreale, nella posizione T della Terra, quando questa è più vicina al Sole S, si ha inverno per l'emisfero boreale, estate per l'australe. Dopo 12 900 anni, in T', quando la Terra sarà più lontana dal Sole si avrà inverno per l'emisfero boreale estate per l'australe.

Come complemento ti dirò che non si avranno

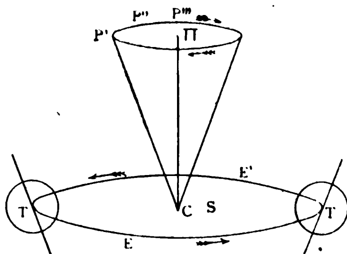


Fig. 10.

sempre quattro giorni dell'anno, nei quali il tempo vero coincide col tempo medio. La teoria dimostra che 100 000 anni addietro non si avevano che due date per quella coincidenza. Tutto dipende dalle lente variazioni che subisce l'orbita terrestre.

IV. Di un fenomeno connesso col moto del Sole non ti ho ancora parlato. Tutti sanno che prima del sorgere del Sole comincia l'aurora, cioè il cielo comincia a prendere un certo albore da quella parte ove sorgerà poi il Sole. Similmente, tramontato il

disco del Sole, si continua ad avera una certa luce e il cielo si mostra chiaro ad occidente; si ha allora il crepuscolo. Se la Terra non fosse avvolta dall'atmosfera, la quale, come sai, si eleva fino a 300 e più chilometri dal suolo, il passaggio dalla notte al giorno e viceversa accadrebbe immediatamente, senza transizione quanto alla luce, senza gradazione, senza quelle meravigliose sfumature dell'alba e del tramonto.

Ora il *crepuscolo* (del mattino o della sera) secondo l'uso ordinario, ossia il *crepuscolo civile*, comincia (al mattino) e finisce (la sera) nell'istante in cui il Sole si trova a 6° sotto l'orizzonte. In quell'istante le stelle di 1ª grandezza ed i pianeti spariscono allo sguardo la mattina, cominciano a vedersi la sera. Con più o meno difficoltà si può ancora leggere durante questo crepuscolo civile.

Ma per gli astronomi il crepuscolo comincia e finisce quando il Sole si trova a 18° sotto l'orizzonte. Se la serata è chiara, senza Luna, senza nubi, nebbie, ecc. nel tempo fra la fine del crepuscolo della sera e il principio di quello della mattina, si vedono, ad occhio nudo, le stelle cui giunge l'acutezza della vista (la 5ª o 6ª grandezza), e col cannocchiale quelle cui giunge la potenza di questo. In altri termini si ha allora oscurità perfetta, salvo il chiarore delle stelle.

La durata del crepuscolo dipende dalla latitudine del luogo e dalla declinazione del Sole. La figura la farai da te. Supponi un luogo terrestre, in data latitudine, il Sole in un dato punto della sua orbita, e quando il Sole, pel girare della Terra, si troverà a 18° dall'orizzonte di quel luogo avrai il principio o la fine pel crepuscolo. Questo ed altri problemi si possono risolvere elementarmente mediante un globo celeste. Consulta all'uopo il manuale Hoepli *Sfere cosmografiche*.

Nei luoghi situati sull'equatore terrestre (per es. Quito) il crepuscolo astronomico ha un valore quasi costante, di circa $1^h. 38^m$. Da noi, la minima durata del crepuscolo è di $1^h. 38^m$ ai primi di marzo e di ottobre; la massima durata di $3^h. 30^m$ si ha verso il 21 giugno.

Comprenderai che nei pressi del solstizio di estate, in luoghi aventi latitudine di 49^0 (com'è per es. di quelli al Nord della Francia) i crepuscoli della sera e della mattina finiscano col prolungare quel chiarore, confondendosi la fine del crepuscolo serotino col principio dell'alba, per modo che non si ha perfetta oscurità nelle notti vicine al solstizio. A Parigi, dal 12 al

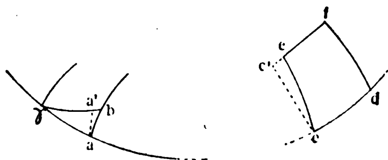


Fig. 11.

30 giugno non si ha notte con oscurità completa.

V. Se ti è rimasto ancora qualche dubbio riguardo alla corrispondenza fra gli archi dell'equatore e della ecclittica, dà una occhiata alla figura che ti presento (fig. 11). Vi vedrai l'arco interrotto $\gamma a' b \ldots c' e f$ dell'ecclittica, dall'equinozio γ al solstizio f ed in corrispondenza l'arco $\gamma a \ldots c d$ dell'equatore. Verso le estremità del secondo sono tagliati due archi eguali γa e $c d$, il primo è un arco vicino all'equinozio, l'altro vicino al solstizio. Condotti i circoli orari che passano pel polo dell'equatore (non rappresentato sulla figura) e pei punti γ, a, c, d, essi segnano sulla ecclittica rispettivamente gli archi γb ed $e f$. Ti sarà facile

capire come $y a$ è più corto di $y b$; $c d$ è più lungo di $e f$.

Infatti, se con y come polo tu conduci gli archi di parallelo $a a'$ e $c c'$, è evidente che tutti i punti dell'arco $a a'$ distano egualmente dal polo y, ed è lo stesso pei punti del parallelo cui appartiene l'arco $c c'$.

Dunque $y a = y a'$ e quindi $y a < y b$.

Invece $y c = y c'$ e $c d > e f$.

LEZIONE XIII

I. Ti ho parlato di quel curioso fenomeno pel quale l'asse di rotazione della Terra non rimane sempre parallelo a sè stesso, ma si sposta lentamente, conservando presso a poco la stessa inclinazione alla ecclettica e descrivendo un cono. La base di questo abbraccia circa 47° sulla sfera celeste, cioè quel cono ha 47° di apertura. Ma da che dipende questo moto dell'asse terrestre?

La Terra ha, come sai, presso a poco la forma di un ellissoide di rotazione schiacciato; or noi possiamo considerarla come composta da una sfera interna, circondata da una specie di anello o collare, come fa vedere la figura 12; beninteso che sulla figura è esagerato enormemente il rigonfiamento del globo.

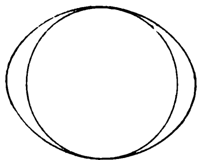


Fig. 12.

Ora, essendo l'asse di rotazione della Terra inclinato di 66°. 33' circa al piano della ecclittica, ne segue che durante tutto il giro che fa la Terra intorno al Sole quel rigonfiamento non giace nel piano della ecclittica, ma sta da una parte sopra di questa, dall'altra sotto. La parte verso *e'* (fig. 13) è più vicina al Sole che la parte verso *e*. Nell'ellissoide terrestre possiamo

immaginare un piano *a b* perpendicolare all'asse del globo *P P'*, che tagli per metà quel rigonfiamento; questo piano, che è quello dell'equatore terrestre, produce la sezione *e e'*. Tu vedi che l'estremità *e'* sta sopra il piano dell'ecclittica *E E'* in cui sta il Sole, piano verso cui è diretta la freccia 2. Continuando a supporre il globo come composto di una sfera circondata da quel rigonfiamento, capirai che l'attrazione del Sole sulla parte del rigonfiamento ad esso rivolta è più grande che sulla sfera centrale, perchè la materia del rigonfiamento è più vicina al Sole che non quella della sfera centrale. L'azione del Sole tenderebbe a far piegare il piano *e e'* dell'equatore in modo che il punto *b* descrivesse l'arco *b c* nel senso della freccia *2*.

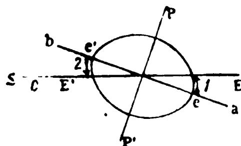


Fig. 13.

Anche senza avere studiato Fisica tu sai che un corpo il quale ne attira un altro tende a metterlo alla minima distanza. Se tu sollevi la sfera di un pendolo, e poi la lasci, vedrai che il pendolo comincia a fare una serie di oscillazioni, finchè la sfera si metta alla massima vicinanza al suolo, cioè fino a che l'asta del pendolo sia verticale. Similmente, la parte del rigonfiamento che è in *e'* tende ad avvicinarsi al piano sul quale si trova il Sole e, per essere il rigonfiamento connesso con la sfera centrale, anche questa tenderebbe a raddrizzarsi col suo asse, fino a che *P P'* divenisse perpendicolare al piano della ecclittica. Se fosse così, l'ecclittica e l'equatore si confonderebbero; l Sole percorrerebbe in cielo sempre l'equatore, le tagioni sparirebbero, su tutta la Terra si avrebbero 2 ore di giorno e 12 di notte. Insomma il Sole si omporterebbe come fanno adesso le stelle equatoriali

cioè situate sull'equatore celeste. Con lo sparire delle stagioni, tutti i giorni sarebbero eguali; il punto γ e l'altro equinozio (di autunno) sparirebbero siccome i solstizî; l'anno tropico non esisterebbe più e, se si volesse ancora adoperare un anno, bisognerebbe prendere quello caratterizzato dal tempo necessario alla Terra per tornare ad una medesima stella, cioè la rivoluzione siderea.

Quanto sopra abbiam detto avverrebbe se la Terra non fosse animata da un movimento di rotazione intorno al proprio asse; ma poichè essa ruota, quella parte di materia dell'anello o rigonfiamento che sta in e' si trova volta al Sole per un solo istante, subito dopo quella materia si è trasportata verso oriente, e dopo 12^h si trova al posto dov'era prima la parte e. Sicchè il Sole attira sì quella parte della massa del rigonfiamento che è volta ad esso, ma la parte ad esso volta cambia continuamente. Ne segue che attorno alla sfera centrale si esercita un'azione che tocca successivamente i suoi punti disposti lungo un circolo massimo e tende a fare indietreggiare l'incontro dell'equatore con l'ecclittica, il punto γ. La Terra ne risulta animata da un movimento per cui il suo asse di rotazione descrive un cono intorno alla perpendicolare al piano dell'ecclittica, e in questo moto consiste il fenomeno della precessione.

Capirai come l'effetto dell'attrazione preponderante sul rigonfiamento dovendosi trasmettere, comunicare a tutta la massa del globo terrestre, ne segua un rallentamento enorme e quindi la durata di quella rotazione dell'asse terrestre che dà luogo alla precessione giunga a circa 25 690 anni.

II. Quello che ti ho spiegato riguardo all'azione del Sole ha luogo anche più per la Luna. Anch'essa esercita un'azione analoga sul rigonfiamento. È vero che la massa della Luna è incomparabilmente più pic-

cola di quella del Sole; ma per compenso essa è molto più vicina a noi. Ora in fatto di attrazione, se posso esprimermi così, la vicinanza fa più che la massa, nel senso che l'attrazione cresce come cresce la massa, alla 1ª potenza, non al quadrato, mentre essa cresce come il quadrato della vicinanza. In numeri, se una massa m produce un'attrazione k, una massa eguale a $2m$ produce un'attrazione eguale a $2k$. Invece una stessa massa m ad una distanza eguale a d produce una attrazione eguale a k, e ad una distanza eguale a $\frac{d}{2}$ produce un'attrazione eguale a $4k$. Ne segue che l'azione della Luna nella precessione è 2,3 volte quella del Sole. Poichè la Luna compie una rivoluzione intorno alla Terra in circa 27 giorni, la sua posizione cambia rapidamente e quindi varia l'entità della precessione da essa prodotta. Anche la posizione del Sole rispetto alla Terra varia nel corso dell'anno. L'insieme delle azioni del Sole e della Luna nel corso di un anno produce 50",2564 di retrogradazione del punto γ. Il fenomeno della Nutazione *(Lezione XIV)* interviene per modificare notevolmente il valore della retrogradazione del punto γ.

III. Se vuoi una immagine sensibile di questo importante fenomeno astronomico, supponi di aver lanciata una trottola, per modo che essa ruoti intorno al proprio asse, che supporremo perpendicolare al piano del suolo. Se tu tocchi la trottola rapidamente col dito, premendola in modo da farla piegare verso il suolo, vedrai l'asse della trottola piegarsi e descrivere un cono. Orbene l'attrazione del Sole sul rigonfiamento terrestre fa qualcosa di simile. La differenza però sta in questo che, mentre la punta della trottola tocca il suolo e il peso della trottola sta tutto sopra, per la Terra, il peso, sta parte sopra parte sotto il piano dell'ecclittica, e il centro di gravità percorre su

questo piano l'orbita terrestre. Inoltre il moto di rotazione della trottola si fa da sinistra a destra, nel mentre la Terra gira da destra a sinistra; finalmente l'asse terrestre è inclinato al piano dell'ecclittica. Mentre per la trottola la pressione da te esercitata le fa descrivere un cono nel senso da sinistra a destra, cioè nell'istesso senso della sua rotazione, nella Terra l'attrazione del Sole e della Luna che fa ufficio di spinta (come la pressione del dito sulla trottola) piegando il rigonfiamento verso il piano dell'ecclittica, fa descrivere quel cono nel senso contrario a quello della rotazione della Terra, cioè da sinistra a destra.

IV. Una conseguenza importantissima del fenomeno della precessione è che le costellazioni visibili in un dato luogo non rimangono assolutamente le stesse con l'andar dei secoli. Alcune rimangono visibili (però non sempre alla stessa posizione rispetto al polo ed allo zenit) altre spariscono ed invece alcune prima non visibili lo diventano. Poichè la Terra si sposta in modo che il suo asse di rotazione descriva un cono con apertura di circa 47^0 intorno al polo (che si può supporre immobile) della ecclittica, il punto dove le estremità di quell'asse incontrano la sfera celeste, i due poli celesti (boreale ed australe) descrivono coni intorno all'asse dell'ecclittica e quindi corrispondono a punti diversi del cielo, con l'andare degli anni. Se attualmente il polo del nostro emisfero terrestre corrisponde in cielo ad un punto molto vicino alla stella Polare, or sono 4000 anni corrispondeva ad un punto vicino alle stelle α del Dragone, e fra 12 000 anni il nostro polo celeste si troverà vicino ad α della Lira, cioè a *Vega*. La costellazione di *Orione* che adesso vedesi qui tutta quanta e ben alta in cielo, or sono 12 000 anni si vedeva in piccola parte; invece molte costellazioni dell'emisfero australe, oggi invisibili, si vedranno fra alcune migliaia di anni.

V. Poichè conosci il polo dell'equatore P e quello della ecclittica Π, la retrogradazione del punto γ, ecc., posso indicarti un altro sistema di coordinate celesti (chiamate *ecclittiche*), oltre l'*ascensione retta e la declinazione* (chiamate *equatoriali*). In questo secondo sistema si prende per piano di riferimento l'ecclittica; la distanza di un astro dal circolo dell'ecclittica, misurata in arco di circolo massimo di cui Π è il polo, chiamasi *latitudine* dell'astro. Quanto all'altra coordinata, che chiamasi *longitudine*, poichè pel polo Π passano infiniti circoli massimi (che qui non sono cerchi orari, ma si chiamano circoli di latitudine, perchè su di essi si misura la latitudine), se ne è scelto uno per origine, cioè quello che passa per Π e pel punto γ. L'angolo fra il circolo di latitudine di un astro (cioè il circolo massimo che passa per Π e per l'astro) e il circolo origine, che passa per γ, è la longitudine.

Tu vedi che vi è analogia fra la longitudine e la latitudine di un luogo terrestre e le coordinate ecclittiche di un astro, di un punto della sfera celeste; però, mentre per le coordinate terrestri si prende per piano di riferimento l'equatore, per le coordinate celesti ecclittiche si prende l'ecclittica.

La longitudine celeste non si conta o misura in tempo, come l'ascensione retta, ma in arco, e infatti una longitudine espressa in tempo non avrebbe senso, perchè questo si misura sull'equatore non sull'ecclittica.

La longitudine si suole indicare con λ e si conta dal punto γ, sempre nel senso diretto, da destra a sinistra, da 0^0 a 360^0; invece la latitudine che s'indica con β, si misura da una parte e dall'altra dell'ecclittica ed è boreale od australe, perchè l'ecclittica divide la sfera celeste in due emisferi, l'uno boreale, che è quello dove sta il polo Nord P, celeste, l'altro australe. Gli astri che stanno nel primo emisfero ecclit-

tico hanno latitudine boreale, quelli che stanno nel secondo hanno latitudine australe.

Quando ti dico: un astro ha

$$\lambda = 280^{0}.3'.23'',4 \qquad \beta = -\, 41^{0}.6'.39'',8,$$

ciò vuol dire:

1° che l'astro sta nell'emisfero australe dell'ecclittica;

2° che il suo circolo di latitudine (si può chiamarlo anche di longitudine, perchè esso fa misurare la longitudine di un astro) forma un angolo di:

$$280^{0}.3'.23'',4$$

col circolo passante per Π e per γ;

3° che su questo circolo la distanza fra l'astro e l'ecclittica è di $41^{0}.6'.39'',8$.

Mentre per effetto dello spostarsi del punto γ l'ascensione retta e la declinazione degli astri variano con legge non facile, la longitudine invece aumenta per tutti gli astri di 50'',26 ogni anno, mentre la latitudine rimane quasi costante. Anzi fu appunto la notevole differenza trovata da Ipparco fra le longitudini delle stelle determinate da sè e quelle determinate da altri astronomi due secoli prima, che gli fece scoprire il fenomeno della precessione.

LEZIONE XIV.

I. Ti darò alcune spiegazioni intorno alle *Nutazioni*. Con questo nome sono indicate piccole oscillazioni che fa l'asse terrestre, in periodi piuttosto brevi (alcuni di $14^d,1$) per l'azione della Luna o del Sole. Però la principale e di gran lunga più notevole è la *Nutazione nodale* dovuta allo spostarsi dei *Nodi* dell'orbita lunare. Ogni circolo massimo della sfera celeste che ne incontra un altro ha con questo due punti comuni, i quali sono i *Nodi* di uno dei circoli rispetto all'altro. Per esempio: l'ecclittica (sulla sfera celeste) taglia l'equatore celeste nei due punti equinoziali; questi sono i Nodi dell'ecclittica sull'equatore.

Più specialmente i Nodi sono usati quando si tratta delle orbite dei pianeti, riferendole alla ecclittica. Tu sai che le orbite dei pianeti (ed anche dei pianetini, dei satelliti e delle comete) sono orbite piane, cioè che sono contenute in un piano. Ora per fissare in cielo il piano dell'orbita di un pianeta o di una cometa, si suppone il piano dell'orbita prolungato fino alla sfera celeste, dove esso produce per sezione un circolo massimo. I punti dove questo circolo massimo incontra l'ecclittica (sulla sfera celeste) sono i *Nodi* dell'orbita, chiamandosi *Nodo ascendente* quello nel quale il pianeta da sotto l'ecclittica passa sopra, intendendo per superiore quella parte dove sta il polo

boreale dell'ecclittica (e vi è anche quello dell'equatore). Il Nodo ascendente si rappresenta col simbolo ☊, il discendente con ☋. In altro modo: i piani dell'orbita e dell'ecclittica si tagliano secondo una retta, che può dirsi la *traccia* del piano dell'orbita su quello della ecclittica; se questa traccia la prolunghiamo da una parte e dall'altra indefinitamente, essa segnerà, fisserà sulla sfera celeste due punti, che sono i due Nodi. Chiamasi *Nodo ascendente* quello nel quale la latitudine dell'astro da australe diventa boreale; l'altro dicesi *Nodo discendente*. Del primo si parla spesso in Astronomia. Per fissare sulla ecclittica il Nodo ascendente s'indica la sua longitudine celeste o distanza dal punto γ sulla ecclittica. La longitudine del Nodo discendente differisce di 180^0 da quella del Nodo ascendente.

Ma per quella retta che è la traccia dell'orbita sull'ecclittica possono passare infiniti piani; quindi comprendi che a fissare in cielo la posizione del piano, dell'orbita non basta indicare la posizione della linea nodale, ma bisogna dire altresì quale degl'infiniti piani suddetti è quello dell'orbita; ora questo si ottiene con l'indicare l'angolo che fa col piano della ecclittica il piano dell'orbita. Quest'angolo chiamasi *inclinazione* dell'orbita e s'indica con i.

La Luna, come sai, non gira intorno al Sole come i pianeti o le comete, ma intorno alla Terra, di cui è un satellite; ma poichè la sua orbita è in un piano, possiamo supporre questo prolungato fino alla sfera celeste e considerare i Nodi e la inclinazione dell'orbita lunare. Ora la linea dei Nodi della Luna non è fissa nello spazio, la longitudine del Nodo ascendente varia continuamente e rapidamente, diminuendo sempre, facendo un giro completo in anni $18\,^3/_5$. Indietreggiando così la linea dei Nodi, l'orbita lunare si sposta continuamente nello spazio, e quindi la posi-

zione della Luna rispetto alla Terra oltre al variare rapidamente in $27^d,2$, cioè in ogni rivoluzione siderea [1] della Luna (rivoluzione durante la quale la Luna sta per circa metà del tempo nell'emisfero ecclittico boreale e per l'altra metà nell'emisfero australe) varia anche per lo spostarsi continuo dell'orbita. E così varia l'attrazione della Luna sul rigonfiamento del globo terrestre e produce oscillazioni nell'asse terrestre che costituiscono la *Nutazione nodale,* avente per periodo anni 18 $^3/_5$.

II. Il *Nodo* e la *inclinazione* sono due degli elementi che fissano l'orbita di un astro nello spazio. Diciamo una parola degli altri. E qui rifletti che il Nodo e la inclinazione essendo angoli e riferiti alla sfera celeste, misurati su questa, nulla ti dicono delle dimensioni dell'orbita. I numeri che esprimono la longitudine del Nodo e l'inclinazione per Mercurio, Marte, Giove, Nettuno, la Luna, Pallade, ecc. indicando gradi, minuti, ecc. non sono più grandi per gli astri con orbite più grandi, più piccoli per le orbite più ristrette. A fissare la forma e le dimensioni delle orbite degli astri occorrono altri due elementi, cioè la *distanza media a* dal Sole e l'*eccentricità e.* Ma è chiaro che con questi elementi tu non potresti dire dove si trova attualmente, per esempio il pianeta Giove; per questo ti occorrerebbe sapere: 1^0 come sta disposta l'orbita di Giove nel suo piano; 2^0 dove si trovava il pianeta in una data epoca. La 1ª cosa ti è necessaria perchè l'orbita può essere disposta in infiniti modi, pure rimanendo sempre nel piano che è fissato da Ω e da i e passando per la traccia fissata dai Nodi ascendente e discendente; la 2ª perchè se tu sai in qual punto della sua orbita stava il pianeta in un dato istante, conoscendo il suo moto medio diurno, potrai dedurne

(1) Anche per la Luna la durata della rivoluzione siderea è fissata dal ritorno della Luna ad una medesima stella.

(con certe formole) dove sta attualmente; ma se non sai dove stava in un dato istante non potrai indovinare dove si trova attualmente.

Ora per fissare come è disposta l'orbita nel suo piano, basta dire come è diretto il suo asse maggiore e per fissare questo si dà la longitudine del perielio, ossia la distanza angolare in circolo massimo sulla sfera celeste fra il perielio e il punto γ. Quindi gli altri due elementi sono: 1° la longitudine del perielio, che indichiamo con Π; 2° il punto dove si troverebbe l'astro se a partire dal perielio si fosse spostato col moto medio; il cammino così percorso s'indica con M e si chiama *anomalia media*. Da questa, mediante formole che potrai studiare in appresso, si deduce l'*anomalia vera* v, ossia la distanza angolare fra il posto in cui si trova effettivamente l'astro ed il suo perielio.

Se alla longitudine del perielio Π si aggiunge l'anomalia media M, si forma la *longitudine media nell'orbita;* invece conducendo il circolo di longitudine che passa per l'astro e prolungandolo fino alla ecclittica, si ha la longitudine *vera* sulla ecclittica, se poi quel circolo di longitudine si conduce pel posto dove sarebbe l'astro muovendosi col moto medio, si avrebbe sulla ecclittica la *longitudine media* dell'astro.

Nella Teoria di ogni pianeta sono dati gli elementi dell'orbita per una data epoca, riferendoli ad una data posizione dell'equinozio o punto γ (1); inoltre sono date le variazioni che subiscono quegli elementi per un anno giuliano, di $365^d,25$. Io non posso riportare qui le Teorie di tutti i pianeti, mi restringo quindi a darti nel quadro seguente pel 1° gennaio 1900 a mezzodì medio di Greenwich: la lungitudine media, L, del pianeta sull'ecclittica, e le longitudini del perielio e del Nodo, nonchè l'inclinazione. Le distanze medie

(1) Ed alla corrispondente posizione del piano della ecclittica.

e le eccentricità le abbiamo date altrove (Lezione VIII e IX).

EPOCA 1⁰ GENNAIO 1900 A 0ʰ GREENWICH.
(γ DEL 1900,0).

	L	Π	Ω	i
Mercurio	182°.16′.17″,3	75°.53′.49″,8	47°. 8′.41″,1	7°. 0′.10″,85
Venere	344 .22 .11 ,6	130 . 8 .26 ,0	75 .47 .17 ,1	3 .23 .27 ,09
Terra	100 .40 .57 ,0	101 .13 . 7 ,3		
Marte	294 .15 .53 ,2	334 .13 . 6 ,0	48 .47 .12 ,1	1 .51 . 1 ,09
Giove	238 . 7 .56 ,6	12 .43 .15 ,5	199 .26 .36 ,3	1 .18 .31 ,45
Saturno	266 .35 .52 ,4	91 . 5 .53 ,6	12 .47 .25 ,5	2 .29 .33 ,07
Urano	244 .12 .33 ,3	171 .32 .55 ,3	73 .28 .37 ,6	0 .46 .20 ,87
Nettuno	84 .27 .50 ,5	46 .43 .38 ,5	130 .40 .53 ,0	1 .46 .45 ,27

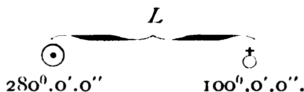
III. Abbiamo veduto che le posizioni degli astri si possono indicare con la loro longitudine e con la latitudine; ora la longitudine si conta o misura dal punto γ, il quale non è fisso, ma indietreggia di 50″,2575 ogni anno giuliano, di giorni medi 365,25. Ecco perchè quando si dà una longitudine celeste bisogna indicare a quale posizione del punto γ essa si riferisca come ad origine. Spesso si prende per origine la posizione che aveva γ al principio di un anno. Per esempio, nel quadro dato qui sopra, la posizione del punto γ è quella del 1900,0, posizione che è quella dell'*equinozio medio* del principio del 1900. Equinozio medio è la posizione che ha il punto γ considerato come affetto soltanto dalla precessione, non dalle nutazioni; mentre dicesi *equinozio vero* la posizione di γ quando si ha riguardo anche alle nutazioni. Spesso le posizioni degli astri si riferiscono all'*equinozio vero della data o del giorno*.

Ma quando comincia l'anno per gli astronomi? Pei profani esso comincia alla mezzanotte di tempo medio

precedente il 1^0 gennaio; ma tu capisci che quando è mezzanotte pel meridiano della Europa centrale sono appena le 23 del 31 dicembre pel meridiano di Greenwich. Quindi a fine di avere una origine, un principio dell'anno che sia un istante unico per tutti i luoghi della Terra, si è preso per origine o principio dell'anno l'istante nel quale la longitudine media del Sole è di $280^0.0'.0''$. Quando tu leggi: Epoca 1900,0, questo vuol dire che le longitudini sono contate dalla posizione che aveva il punto γ nell'istante (verso il 1^0 gennaio 1900) in cui la longitudine del Sole era di:

$$280^0.0'.0''.$$

Nel quadro di qui sopra le longitudini dei pianeti sono riferite a questa posizione del punto γ, ma spettano al posto in cui si troverebbe ogni pianeta col moto medio non già nell'istante in cui comincia l'anno astronomico, bensì per mezzogiorno medio di Greenwich. Così si spiega che per la Terra tu trovi per longitudine $100^0.40'.57'',0$, mentre trovandosi la Terra sempre a 180^0 dal Sole (cioè in direzione assolutamente opposta), dovremmo avere:



Dunque dall'istante in cui la longitudine del Sole era di $280^0.0'.0''$ fino al mezzodì medio del 1^0 gennaio 1900 (per Greenwich) la Terra avrebbe percorso con moto medio $40'.57'',0$.

IV. Gli elementi Π, Ω, i, e delle orbite dei pianeti variano lentamente col tempo, in causa delle loro reciproche attrazioni (*Lezione XXI*). Così, l'eccentricità della Terra, che è attualmente eguale a 0,016 749 8 va lentamente diminuendo, cioè di 0,000 000 426 ogni anno

giuliano. Essa continuerà a diminuire per altri 23 000 anni circa; poi comincerà a crescere. Sicchè con l'andare dei secoli l'eccentricità varia lentissimamente, rimanendo sempre compresa entro limiti molto vicini; cioè la sua oscillazione è piccola, rimanendo l'ellisse terrestre sempre pochissimo differente da un cerchio. Similmente vanno diminuendo le eccentricità di Venere e di Urano; quelle degli altri cinque pianeti vanno crescendo.

Per quel che concerne le longitudini del perielio e del Nodo, esse vanno crescendo per tutti i pianeti, perchè il moto del punto γ è più grande di quello del perielio, e lo spostamento effettivo sulla sfera celeste, indipendentemente da quello di γ, o accresce la variazione dovuta allo spostarsi di γ o la diminuisce, ma la lascia sempre positiva. A mo' di esempio, per la Terra il punto perielio (non confondere con la longitudine del perielio) avanza di 11″,52 anno, nel senso diretto; ma come il punto γ indietreggia di 50″,26, ne segue che la longitudine del perielio aumenta ogni anno di 61″,78.

Sicchè rispetto al punto γ il punto perielio fa una rivoluzione completa in

$$\frac{1\,296\,000''}{61'',78} = 21\,000 \text{ anni},$$

mentre assolutamente riguardo alla sfera celeste il punto perielio compie una rivoluzione completa in

$$\frac{1\,296\,000''}{11'',78} = 110\,017 \text{ anni}.$$

Quali periodi amplissimi s'incontrano in Astronomia!

Riguardo alla inclinazione, essa va diminuendo per Venere, per la Terra, per Saturno e per Urano; cresce invece per gli altri quattro pianeti. Fermiamoci alla Terra. La sua inclinazione varia di 0″,47 circa ogni

anno, quindi l'angolo fra l'equatore e l'ecclittica che chiamasi *obliquità dell'ecclittica* e che è di 23°.26'.58",89 nel 1920,0 va lentamente diminuendo, e l'angolo che forma l'asse terrestre col piano della ecclittica che è di 66°.33'.1",11 nel 1920,0 andrà crescendo di 0",47 ogni anno. Ora, giungerà mai quest'asse ad essere perpendicolare al piano della ecclittica, cioè, coinciderà mai il piano dell'equatore terrestre con quello della ecclittica? Se questo si avverasse sparirebbero le stagioni, ecc. (*Lezione XIII*). Ma non accadrà mai questa coincidenza, anzi l'angolo fra l'equatore e l'ecclittica oscilla in tutto di appena 2°.40'; questa è tutta l'escursione della obliquità della ecclittica, anche attraverso i milioni di anni.

Qui si presenta una riflessione. In Geologia si dice dei diversi stadi percorsi dalla Terra, fra l'altro dell'epoca glaciale, ecc. Ora qualcuno ha pensato che queste notevolissime variazioni nella temperatura media del globo potessero trovare la loro spiegazione nel fatto della variazione degli elementi dell'orbita terrestre. Ma basta considerare la ristrettezza delle oscillazioni di quegli elementi, per essere condotti ad escludere fenomeni celesti dell'ordine di quelli che oggi si avverano dalle probabili cause di quei periodi geologici.

LEZIONE XV

I. L'argomento delle orbite planetarie ci conduce a dire alcun che dei satelliti. Eccettuati i due pianeti interni Mercurio e Venere, tutti gli altri pianeti sono accompagnati da satelliti o lune, i quali girano intorno ad essi nell'istesso modo che i pianeti intorno al Sole. Ogni satellite descrive una ellisse intorno al pianeta cui appartiene, il quale occupa uno dei fochi. Eccoti dapprima alcune indicazioni riguardo ai satelliti degli altri pianeti; del satellite della Terra, la Luna, ti dirò poi in questa e nelle due Lezioni seguenti.

Marte. Questo pianeta fu creduto sfornito di satelliti fino al 1877, quando l'astronomo di Washington Asaph Hall scoprì a sei giorni di distanza (11 e 17 agosto) due piccolissimi satelliti. Le loro orbite sono inclinate di circa 2^0 al piano dell'equatore di Marte. La distanza media del satellite più vicino a Marte, *Phobos*, è eguale 2,77 volte il raggio equatoriale di Marte; la distanza media dell'altro, *Deimos,* è di 6,95. Il primo compie una rivoluzione intorno a Marte in

$$7^h.39^m.13^s,9 = 0^d,318\ 910,$$

cioè in un tempo molto più breve di quello della rotazione di Marte intorno all'asse, che è di $23^h.56^m.4^s$. Deimos impiega $1^d.6^h.17^m.54^s,9 = 1^d,262\ 441$ a fare una rivoluzione.

L'eccentricità dell'orbita di Phobos è piccolissima, quella di Deimos è notevolissima.

Giove. Quattro satelliti di questo pianeta furono scoperti e studiati da Galilei e chiamansi perciò *satelliti galileiani.* Dal 1892 in poi ne sono stati scoperti altri cinque piccolissimi, uno interno a quei primi quattro, gli altri esterni. Ai primi quattro si dà la numerazione I a IV, cominciando dal più interno, agli altri cinque si dànno i numeri da V a IX. Diamo qui le distanze medie Δ, di quei 9 satelliti (preso per unità il raggio equatoriale di Giove), le durate T, delle loro rivoluzioni e le masse, m (presa per unità quella di Giove) per quei satelliti di cui si è potuta determinare.

SATELLITI DI GIOVE.

Numero (e Nome)	Distanza Δ	Durata della rivoluzione T	Massa m
I. *Io*	5,91	1^d,769 138	$\frac{1}{22\,222}$
II. *Europa* . .	9,40	3 ,551 181	$\frac{1}{40\,000}$
III. *Ganimede* .	14,99	7 ,154 548	$\frac{1}{12\,500}$
IV. *Callisto* . .	26,36	16 ,688 982	$\frac{1}{22\,222}$
V.	2,53	0 ,498 179	—
VI.	160,46	250 ,610 833	—
VII.	164,46	260 ,058 334	—
VIII.	329,3	738 ,9	—
IX.	345,9	796 ,2	—

Una singolarità degli ultimi due satelliti è che il loro moto è retrogrado, cioè essi girano intorno a Giove in senso contrario a quello della rivoluzione di Giove (intorno al Sole) e della sua rotazione intorno all'asse.

II. *Saturno*. Come sai, questo pianeta presenta la singolarità di essere circondato da un anello (il quale effettivamente risulta di più anelli) il piano del quale coincide con quello dell'equatore di Saturno ed è inclinato al piano della ecclittica di $28^0,1$. Se si prende come unità il raggio equatoriale del pianeta, il raggio del contorno esterno dell'anello à di 2,25, quello del contorno interno è di 1,48. Oltre all'anello e al di là di questo, Saturno è accompagnato da 10 satelliti. Nel quadro seguente riferisco per ognuno dei 10 satelliti la distanza media Δ, la durata T, delle rivoluzioni, l'eccentricità e dell'orbita e la massa m.

SATELLITI DI SATURNO.

Numero (e Nome)	Δ	T	e	m
I. Mimas. .	3,07	0,942 422	0,019	$\frac{1}{16\,340\,000}$
II. Encelades	3,94	1,370 217	0,005	$\frac{1}{4\,000\,000}$
III. Tethys. .	4,88	1,887 802	0,000	$\frac{1}{921\,500}$
IV. Dione . .	6,24	2,736 914	0,002	$\frac{1}{536\,000}$
V. Rhea . .	8,72	4,517 500	0,001	$\frac{1}{250\,000}$
VI. Titanus .	20,22	15,945 418	0,029	$\frac{1}{4\,709}$
VII. Hyperion	24,49	21,276 610	0,104	—
VIII. Japetus .	58,91	79,330 150	0,029	—
IX. Phoebe .	214,41	550,458 611	0,166	—
X. Themis .	24,17	20,833 611	0,23	—

Phoebe ha moto retrogrado.

Urano. I satelliti di Urano percorrono orbite presso a poco circolari e distese quasi nell'istesso piano, inclinato di 83°,15 all'ecclittica; si muovono tutti nel senso retrogrado. Ecco per ognuno di essi la distanza e la durata della rivoluzione:

SATELLITI DI URANO.

Numero (e Nome)	Δ	T
I. Ariel	7,71	2^d,520 382
II. Umbriel	10,75	4 ,144 181
III. Titania.	17,63	8 ,705 907
IV. Oberon.	23,57	13 ,463 277

Nettuno. L'ultimo dei pianeti maggiori ha un solo satellite, il quale percorre un'orbita quasi circolare con moto retrogrado. Eccone la distanza e la durata della rivoluzione:

Δ	T
13,33	5^d,876 829.

È forse inutile far notare che la durata delle rivoluzioni sono date tutte in giorni medi.

III. Fra i satelliti, quello della nostra Terra, cioè la Luna, è per noi di gran lunga più interessante degli altri. Nella Geografia astronomica tu hai appreso come avvengano le sue fasi e le ecclissi e nel manuale Hoepli *Astronomia* troverai complementi a quelle cognizioni.

Riguardo alle fasi aggiungerò che quando la Luna e il Sole hanno la stessa longitudine (s'intende, celeste), si dice che sono in *congiunzione*; quando differiscono per 180° in longitudine sono in *opposizione*. E quello che dicesi della Luna vale anche pei pianeti grandi e piccoli, nei quali distinguiamo l'opposizione e la congiunzione. Noterai però che pei pianeti interni all'orbita terrestre (Mercurio e Venere) non po-

tendo essi trovarsi al di là della Terra rispetto al Sole, non si può avere opposizione, mentre pei pianeti esterni alla Terra si può avere opposizione e congiunzione. Però pei due pianeti interni si ha congiunzione *inferiore*, se essi stanno fra il Sole e la Terra (non però sempre in linea retta, il che anzi accade raramente), e se stanno al di là dal Sole si ha congiunzione *superiore*. Invece pei pianeti esterni la congiunzione è sempre superiore, non potendo essi trovarsi fra il Sole e la Terra.

Tornando alla Luna, quando essa sta in opposizione si ha Luna *piena*, quando in congiunzione si ha Luna *nuova*. Anche qui è raro che la Luna si trovi in linea retta col Sole e con la Terra. L'opposizione e la congiunzione costituiscono le *sizigie*.

Se poi la longitudine del Sole e quella della Luna differiscono di 90^0 si hanno le *quadrature*, cioè il *primo* e l'*ultimo quarto*.

Riunisco qui per la Luna i principali risultati della osservazione, le leggi scoperte, ecc. [1].

IV. Quando ci occupammo del moto del Sole sulla sfera celeste vedemmo che esso ritarda (in media) di circa 4^m ogni giorno rispetto alle stelle, ciò perchè esso si sposta continuamente verso Est con velocità leggermente diversa nel corso dell'anno, ma che in media gli fa percorrere $59'.8'',192\,804$. Per la Luna accade lo stesso; anche essa ritarda rispetto alle stelle, perchè si sposta continuamente verso Est, ma il suo ritardo è in media di circa 53^m al giorno, spostandosi la Luna, in media, di $13^0.10'.34'',89$ al giorno verso Est. Questo moto della Luna intorno alla Terra non è apparente come quello del Sole, ma reale, perchè

(1) Vedasi BOCCARDI, *Elementi di Astronomia*, Parte II, *Teoria della Luna*. Torino, 1912.

essa descrive un'orbita ellittica intorno alla Terra. Ma come questa si sposta continuamente perchè gira intorno al Sole, nello spazio il cammino della Luna non è un'orbita chiusa, ma una spirale.

Eccoti una immagine per spiegarti questa cosa. Supponi un treno ferroviario in moto e che in uno dei carri scoperti per merci si trovi un bambino, il quale si diverta a girare lungo le basse pareti del carro ed a gettar continuamente sulla via manate di farina da un sacco. Il bambino gira intorno al punto centrale del carro; parte da un punto delle pareti e dopo un giro vi ritorna; ma intanto la linea segnata dalla farina sulla strada ferrata non si chiude mai; essa è una linea sinuosa, ondulata.

Il piano dell'orbita lunare non giace su quello della ecclittica, ma forma con questo un angolo di $5^0.8'.43'',3$. Quindi l'orbita lunare ha il suo Nodo ascendente e il discendente.

Pel Sole abbiamo dovuto distinguere la rivoluzione siderea, la tropica, l'anomalistica; per la Luna distingueremo un maggior numero di rivoluzioni.

1^0 Se la Luna ed una stella si trovano alla stessa longitudine celeste, il tempo che impiega la Luna a fare il giro del cielo e tornare alla medesima stella è la sua *rivoluzione siderea*, eguale a giorni medi

$$27^d,321\,661.$$

2^0 Ma se misuriamo la lungitudine della Luna in un dato istante e vogliamo sapere dopo quanto tempo la Luna avrà la stessa longitudine, cioè si troverà alla stessa distanza (angolare, s'intende) dal punto γ, comecchè questo indietreggia di $50'',2564$ in ogni anno tropico, la longitudine della Luna avrà variato di 360^0 in minor tempo che per tornare alla medesima stella. Accade qui lo stesso che pel Sole, pel quale l'anno tropico è più corto del sidereo. Dunque il tempo ne-

cessario alla Luna perchè la sua longitudine varî di 360^0 è la sua rivoluzione *tropica*, eguale a giorni medî $27^d,321\ 582$.

3^0 Poichè il Sole e la Luna girano nello stesso senso intorno alla Terra (benchè il moto del Sole sia apparente), se in un dato istante il centro del Sole e quello della Luna si trovano sull'istesso circolo di longitudine, dopo un giorno il Sole avrà avanzato di 59′ e più (in media), la Luna di circa $13^0.11'$, entrambi verso Est, quindi la Luna si troverà avanti al Sole di $12^0.12'$. Il tempo che impiega la Luna a tornare di nuovo in congiunzione col Sole costituisce la sua rivoluzione *sinodica*, che in linguaggio comune chiamasi *lunazione*. Essa è di 29d,530 588. In generale l'intervallo di tempo fra due posizioni in cui il Sole e la Luna si trovano alla stessa differenza di longitudine (la quale è 0^0 per la congiunzione, 180^0 per la opposizione, 90^0 per le quadrature e può essere qualunque nel corso di una lunazione) l'intervallo di tempo perchè la Luna e il Sole tornino alla stessa differenza di longitudine è la rivoluzione sinodica.

4^0 A quel modo che il perielio dell'orbita terrestre si sposta lentamente e continuamente e l'intervallo di tempo fra due passaggi consecutivi della Terra al perielio (o in generale il ritorno alla stessa anomalia) costituisce *l'anno anomalistico*, il perigeo della Luna, punto dell'orbita lunare più vicino alla Terra, si muove nel senso diretto, percorrendo circa 6′.41″ al giorno; sicchè esso fa un giro completo in giorni 3232,6.

5^0 In ogni sua rivoluzione la Luna sta or sopra or sotto l'ecclittica, quindi passa pel Nodo ascendente e poi pel discendente. Il tempo fra due passaggi consecutivi all'istesso Nodo costituisce la rivoluzione *draconitica*, eguale a $27^d,212\ 219$. Siccome alcuni antichi popoli immaginavano che durante gli ecclissi (i quali

possono accadere soltanto quando la Luna è vicina ad un Nodo) la Luna fosse afferrata da un dragone [1], fu dato il nome di *draconitica* alla rivoluzione che riconduce la Luna al Nodo. Questa rivoluzione è la più breve di tutte, perchè a quel modo che il punto γ (che è il Nodo dell'equatore terrestre sulla ecclittica) indietreggia di 50",3 all'anno e va incontro al Sole, rendendo l'anno tropico più breve del sidereo, il Nodo dell'orbita lunare indietreggia sull'ecclittica, in media di 3'.10",63 al giorno, sicchè fa un giro di 360° in giorni medi 6793,39.

Noterai che il moto diurno retrogrado del Nodo è meno della metà del moto diurno diretto del perigeo, ma questo rende la rivoluzione anomalistica più lunga della siderea, quello rende la rivoluzione tropica più breve della siderea.

V. La Luna volge costantemente alla Terra la stessa faccia o emisfero [2]. Questo proviene dacchè il suo moto medio angolare di rivoluzione intorno alla Terra (che è un foco dell'orbita ellittica) è eguale al suo moto angolare di rotazione. Ricordati di quella dimostrazione pratica *(Lezione X)* del lume sulla tavola e di uno che gira intorno al lume lungo la tavola. Se questi gira in modo da aver sempre di fronte il lume, quando avrà fatto un giro di 360° intorno al lume egli avrà fatto altresì una rotazione di 360° su di sè. Ti convincerai di questo al riflettere che, se prima egli volgeva la sua destra al punto Est, quando ha girato di 90° lungo la tavola, volgerà la destra al punto Nord, e poi dopo altri 90° si troverà con la destra al punto Sud. Dunque chi gira intorno alla tavola in modo da guardar sempre di fronte il lume messo nel mezzo di

(1) Il simbolo ☊ che indica il Nodo ascendente ricorda il Dragone.

(2) Ricordati che di un astro non si può mai vedere un intero emisfero (*Lezione I*). Rigorosamente, essendo la Luna un ellissoide a tre assi ineguali (*Lezione XVI*) coi più lungo volto alla Terra, non si potrebbe parlare di emisferi lunari.

questa, effettivamente, oltre alla rivoluzione intorno al lume, compie nello stesso tempo una rotazione su di sè.

Ora, poichè l'osservazione ci mostra che la Luna volge a noi costantemente lo stesso emisfero, ne segue che per essa la rivoluzione e la rotazione hanno lo stesso periodo; quindi la Luna compie una rotazione sul suo asse in 27^d,321 661.

Però l'asse intorno a cui la Luna fa questa rotazione non è esattamente perpendicolare alla ecclittica, perchè fa con questa un angolo di 88°.28'.38" deviando di 1°.31'.22" dalla perpendicolare al piano dell'ecclittica. Lo stesso asse devia anche più dalla perpendicolare al piano dell'orbita lunare, facendo con essa un angolo che varia fra 6°.49' ed 6°.31'; quindi l'asse di rotazione della Luna forma col piano dell'orbita lunare un angolo compreso fra 83°.11' ed 83°.29'. Il piano poi dell'equatore lunare taglia quello della ecclittica secondo una retta costantemente parallela alla linea dei Nodi.

Il piano dell'orbita lunare varia leggermente col tempo la sua inclinazione alla ecclittica; nello spazio di circa 173 giorni medî quella inclinazione va da 5°.0' a 5°.18'. Però detta inclinazione, se ha queste piccole oscillazioni, non subisce perturbazioni secolari *(Lezione XXI)*, cioè non subisce variazioni che vadano accumulandosi nell'andar dei secoli; quindi in media si mantiene sempre eguale a 5°.8'.43",3.

L'eccentricità dell'orbita lunare è molto più grande di quella dell'orbita della Terra, essendo, nel suo valore medio, di 0,054 900 56. Questo valore subisce in poco più di sei mesi notevoli variazioni, cioè nel massimo si aumenta di $\frac{1}{5}$ e nel minimo diminuisce di $\frac{1}{5}$. Anche il valor medio della eccentricità rimane costante nell'andar dei secoli.

Dalla parallasse (orizzontale equatoriale alla distanza media) 57'.2",70 risulta che il centro della Luna dista da quello della Terra 60,26654 volte il raggio equatoriale della Terra, cioè 384395 km.

Data la notevole eccentricità dell'orbita della Luna, la sua distanza dalla Terra varia di molto nel corso di una rivoluzione siderea; la sua parallasse orizzontale equatoriale oscilla fra i valori 52' e 62', corrispondenti rispettivamente a distanze di 411 000 km., e a 354 000 km.

Il diametro angolare della Luna alla distanza media è di 31'.3",74; esso è un po' minore del diametro angolare del Sole (parimenti alla sua distanza media) che è di 31'.59",26.

La Luna può essere considerata come sferica (¹), con raggio eguale a 0,272 274 di quello equatoriale della Terra; ossia con raggio di 1736,6 km. Il volume della Luna è eguale a circa $\frac{1}{50}$ di quello della Terra; esattamente è eguale a 0,020 254, se il diametro della Terra è eguale ad 1.

La massa della Luna è $\frac{1}{81,45}$, ossia 0,012 277 di quella della Terra. La densità media della Luna è 0,606 di quella della Terra; sicchè, in media, la Luna risulta composta di materiali più leggeri.

(¹) È lo stesso del Sole.

LEZIONE XVI

I. Il fatto che la Luna volga costantemente la stessa faccia alla Terra è singolare, però sembra che sia lo stesso per tutti i satelliti rispetto ai loro pianeti. Ora come è possibile una così esatta corrispondenza, una assoluta eguaglianza dei moti di rivoluzione e di rotazione? I pianeti principali [1] e i pianetini girano intorno al Sole, ruotano sul proprio asse, ma non esiste per essi quella eguaglianza nella durata dei due moti.

Quanto alla Luna la teoria dimostra non essere necessario, che fin dall'origine questi due moti fossero eguali; sarebbe bastato che essi avessero valori abbastanza vicini, perchè col tempo, in causa dell'attrazione terrestre sulla massa lunare (ancora pastosa) si fosse stabilita una eguaglianza assoluta. Secondo la teoria, la Luna non avrebbe nè la forma di una sfera nè quella di un ellissoide di rotazione schiacciato, come la Terra, ma quella di un ellissoide a tre assi ineguali, il più lungo dei quali sarebbe rivolto alla Terra [2]. A quel modo che l'azione della gravità riconduce alla posizione di equilibrio (la verticale) un pendolo leggermente rimosso da questa posizione, l'attrazione della Terra tende a ricondurre l'asse più lungo

(1) L'eguaglianza fra quei due moti per Mercurio e Venere non si può oggi sostenere.

(2) L'allungamento rispetto al raggio medio è di circa 2 km.

dell'ellissoide lunare verso il raggio vettore Terra-Luna.

La velocità angolare della Luna sulla sua orbita, il suo moto medio, subisce variazioni secolari (cosa che non accade pei pianeti); ora se il moto di rotazione della Luna rimanesse costante, il globo lunare finirebbe con scostarsi dalla posizione attuale, l'asse dell'ellissoide lunare ora volto a noi si scosterebbe dal raggio vettore Terra-Luna; il nostro satellite mostrerebbe a a poco a poco alla Terra tutte le regioni dell'altro emisfero, fino a presentare al nostro pianeta tutto l'emisfero ora nascosto; ma il moto di rotazione subisce anch'esso ineguaglianze secolari che si bilanciano con quelle del moto medio; per modo che l'altra faccia della Luna rimarrà eternamente nascosta agli abitanti della Terra. (1)

Invece il moto di rotazione non partecipa alle piccole ineguaglianze del moto medio che abbracciano pochi anni e chiamansi periodiche; quindi piccole oscillazioni della faccia a noi volta si avverano.

II. In verità la Luna ci mostra per diverse cause una parte dell'altra faccia, in modo che noi vediamo in tutto $\frac{59}{100}$ dell'intero suo globo. Le piccole oscillazioni o deviazioni della Luna (rispetto alla posizione normale, diciam così) per cui essa ci mostra parti dell'altro emisfero vanno sotto il nome di *librazioni* lunari. Vi sono poi librazioni *ottiche* e librazioni fisiche. Queste ultime sono piccolissime e dipendono da effettivi spostamenti, oscillazioni del globo lunare, quindi del suo asse a noi rivolto. Invece le librazioni ottiche non dipendono da deviazioni di questo asse o del globo

(1) Per le ineguaglianze o perturbazioni lunari vedasi il manuale Hoepli *Gravitazione* e BOCCARDI, *Teoria della Luna*. Torino, 1912.

lunare, ma dalla cambiata posizione nostra rispetto a questo.

Le librazioni ottiche sono, relativamente alle fisiche, molto più grandi e si dividono in tre specie, cioè in librazione: 1° di longitudine; 2° di latitudine; 3° diurna.

1° *Librazione in longitudine.* La Luna si muove con ineguale velocità sulla sua orbita, secondo le norme del moto ellittico (1), ed essendo notevole l'eccentricità della sua orbita, le variazioni nel moto lunare sull'orbita, gli scostamenti da un moto uniforme sono di molto rilievo. Quando la Luna trovasi al *perigeo*, (2) la sua velocità di rivoluzione (o di traslazione) è molto più grande che non quando essa trovasi all'*apogeo*. Nella prima posizione il moto sull'orbita, poniamo in un giorno medio terrestre, è più grande del moto di rotazione, quindi, essendo i due moti dell'istesso senso, un meridiano lunare dopo un giorno medio ha ruotato di un angolo minore di quello di cui si è spostata la Terra sull'orbita, gli occorre quindi altro tempo per tornare alla posizione di prima rispetto al centro della Terra, dunque la faccia della Luna a noi volta ci apparisce un po' spostata e noi vediamo alcunchè dell'altra faccia. Poichè lo spostamento di rotazione è in ritardo (diciam così) rispetto a quello di traslazione, resta indietro l'ultimo meridiano dell'emisfero che vedevamo, e quindi compariscono regioni lunari ad occidente, noi vediamo verso il lembo occidentale della Luna qualcosa che prima non si vedeva. In questi due casi vediamo della Luna qualcosa non veduta prima in longitudine, donde il nome di questa librazione.

---

(1) È poi anche soggetta a più centinaia di perturbazioni ossia deviazioni dal moto kepleriano.

(2) Il *perigeo* e l'*apogeo* sono rispettivamente i punti dell'orbita lunare più vicino e più lontano dalla Terra.

All'apogeo invece è il moto di rotazione che la vince su quello di traslazione, ogni meridiano lunare descrive un angolo maggiore di quello che descrive il centro della Luna sull'orbita, e noi vediamo alcunchè dell'altra faccia lunare verso oriente. Abbiamo qui un esempio del principio che il moto di rotazione della Luna non partecipa alle variazioni a breve periodo del suo moto di rivoluzione.

2° *Librazione in latitudine.* Essendo l'asse di rotazione della Luna inclinato in media di 6°.40′ alla perpendicolare alla sua orbita, ossia all'asse dell'orbita lunare, e rimanendo quest'asse parallelo a sè stesso, nel corso di una rivoluzione la Luna volge a noi ora un polo, ora l'altro, sicchè vediamo qualcosa dippiù del globo lunare ora dietro ad un polo ora dietro all'altro. In questo consiste la librazione in latitudine, perchè vediamo qualcosa dippiù in latitudine.

3° *Librazione diurna.* La parallasse della Luna è notevolissima e di gran lunga maggiore di quella di ogni altro corpo celeste, giungendo quasi ad 1° in media ed oltrepassandolo nei perigei; da ciò segue che le visuali condotte successivamente da un punto fisso sul globo terrestre al *centro* della Luna man mano che essa dall' orizzonte si eleva a diverse altezze sull'orizzonte di quel punto, quelle successive visuali colpiscono punti diversi della *superficie* lunare. Quindi, allorchè il nostro satellite si trova all'orizzonte, il cono tangente al suo globo e col vertice nell'occhio dell'osservatore segna sul globo lunare un cerchio (base del cono) un po' diverso dei cerchi basi corrispondenti alle diverse altezze, cerchi basi che differiscono anche fra loro. La differenza per un luogo nel quale la Luna culmina allo zenit è eguale all'angolo sotto il quale dalla Luna è veduto il raggio terrestre.

Con altre parole, il fatto che la Luna volge sempre

la stessa faccia alla Terra *avrebbe luogo per un osservatore situato nel centro della Terra* non per chi sta sulla superficie di questa. Il piano che separa la parte visibile della Luna dalla parte invisibile è perpendicolare al raggio vettore congiungente il centro della Terra col centro della Luna. Per un osservatore ipotetico situato nel centro della Terra quel piano passerebbe sempre per lo stesso punto della congiungente i due centri, punto che è vicinissimo al centro della Luna (1). Il raggio vettore incontrerebbe sempre lo stesso punto della superficie lunare. Invece per un osservatore situato sulla superficie della Terra la visuale dall'occhio dell'osservatore al centro della Luna cambia continuamente ed incontra la superficie lunare in punti diversi.

III. Dà un'occhiata al disegno che qui ti presento (fig. 14). T è il centro della Terra, L quello della Luna, il quale occupa diverse posizioni L, L', L'', L''' sempre alla stessa distanza dal centro T della Terra (2). In L il centro della Luna sta sotto l'orizzonte del punto O dove si trova un osservatore, mentre un altro lo supponiamo in T. Quest'ultimo ha per asse del cono che limita la parte per lui visibile della Luna successivamente le rette TL, TL', TL'', TL'''; l'osservatore in O ha invece successivamente le rette OL, OL', OL'', OL''' come assi del suo cono di visibilità. I punti a, a', a'', a''' son quelli in cui le visuali TL, TL',.... incontrano la superficie lunare; mentre A, A',.... sono quelli che corrispondono alle visuali OL, OL',.... Le basi dei coni di visibilità per l'osservatore in T sono gli archetti a tratti sulla figura, in-

---

(1) Non coincidente, perchè è impossibile vedere un emisfero completo.

(2) Supponiamo trascurabile la variazione del raggio vettore della Luna in 6^h.

dicati sempre con le lettere *m n;* le basi dei coni per *O* sono gli archetti a tratto pieno indicati con *m' n'*.

Tu vedi che queste basi nella prima posizione della Luna, *L*, sono distanti l'una dall'altra più che nella seconda *L'*, e in questa più che nella terza, *L'':* mentre nella posizione quarta, allorchè gli assi *TL* ed *OL* coincidono le basi coincidono quasi (1).

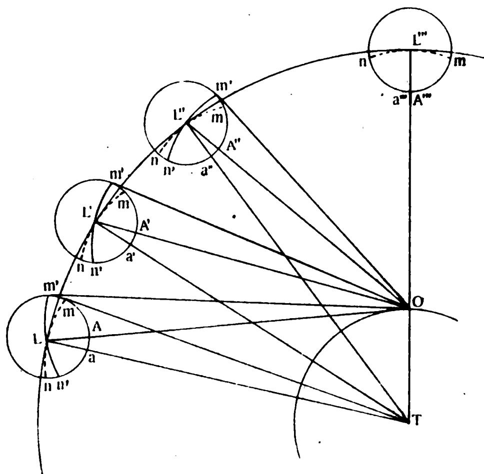


Fig. 14.

Noterai che nella prima posizione la Luna è più lontana da *O* che nelle successive posizioni, in *L'''* poi la distanza *OL'''* differisce dall'altra *TL'''* per un intero raggio terrestre *OT*.

(1) Non confondendosi *O* con *T*, in realtà anche nella posizione quarta i due coni hanno basi leggermente diverse.

IV. La Luna, come sai, non ha luce propria e ci rimanda la luce del Sole. L'esame dello *spettro* lunare [1] fa vedere che esso è identico a quello del Sole. Ma essendo la superficie lunare di natura differente secondo le sue diverse regioni, la quantità di luce da essa rimandataci, per esempio, da un chilometro quadrato di superficie, varia secondo le sue regioni. Sembra che occorrerebbe 600 000 volte il chiarore della Luna piena, per eguagliare la luce del Sole.

Quando la Luna è in fase, specialmente prima del 1º quarto e dopo l'ultimo quarto, la sua parte oscura non è assolutamente priva di luce, ma ci apparisce di un color grigio. È questo il fenomeno della *luce cinerea,* prodotto dalla luce che la Terra, illuminata dal Sole, rimanda alla Luna. Questa è allora illuminata analogamente alla Terra col chiaro di Luna, beninteso che la superficie riflettente è questa volta quella della Terra, quindi eguale a più di 11 volte quella della Luna. Sarà un chiaro di Luna magnifico. Per un effetto di contrasto *(irradiazione)* la parte della Luna illuminata direttamente dal Sole sembra appartenere ad un disco di diametro più grande di quello della luce cinerea.

Mentre la Terra impiega poco meno di 24 ore di tempo medio a ruotare intorno al proprio asse e quindi a ripresentare un dàto suo meridiano ad una stella e, in media, 24^h di tempo medio per ripresentarlo al Sole, la Luna impiega giorni 27,321 661 a compiere una rotazione sul suo asse e quindi ripresentare un suo meridiano ad una stella, ad un punto fisso del cielo, ma se in quel punto v'era il centro del Sole, dopo 27^d,321 661 il Sole si è scostato di là (è la Terra che si scostata effettivamente) ed occorrono giorni 29,530 588 perchè

[1] Vedasi il manuale Hoepli *Spettroscopia.*

la Luna ed il Sole tornino alla stessa posizione relativa. Se il Sole stava (rispetto al centro lunare) in coincidenza con un meridiano della Luna, occorrono giorni 29,53.... perchè il Sole si trovi nuovamente in coincidenza con quel meridiano e della stessa parte di questo. In altri termini, il giorno lunare, intervallo fra due passaggi consecutivi del Sole per uno stesso meridiano (e della stessa parte) è lungo $29^d,53$.... Cosicchè sul nostro satellite si hanno notti di 354^h e giorni di 354^h. Le rocce che compongono la superficie lunare riscaldate dal Sole per 354^h continue, senza un'atmosfera che assorba parte del calore, giungono alla temperatura di 100° poco dopo la metà del giorno lunare, e poi, raffreddandosi nella notte per l'irradiazione del calore nello spazio, scendono ad una temperatura di 50° sotto zero. Ora non è improbabile che in seguito a siffatti sbalzi di temperatura si produca una qualche piccola deformazione nella superficie lunare, con conseguente cambiamento nell'aspetto dei circhi o crateri lunari.

LEZIONE XVII

I. Del moto della Luna intorno alla Terra per effetto dell'attrazione della Terra hai letto nel pregevolissimo opuscolo dell'Airy *Gravitazione* (manuale Hoepli); ma qualche complemento non sarà inutile dartelo in questa Lezione.

Rappresentati la sfera celeste e su di essa i due circoli massimi della ecclittica e dell'equatore che si tagliano in due punti. Anche l'orbita lunare prolungata sulla sfera celeste segnerà un circolo massimo; ma poichè l'inclinazione di quell'orbita alla ecclittica è di $5^0.8'.43'',3$, dove passerà sulla sfera il circolo massimo corrispondente all'orbita lunare? Ricordati che l'intersezione dell'orbita lunare con l'ecclittica (cioè una retta che va da un Nodo all'altro) scorre nel senso retrogrado, sulla ecclittica stessa, facendone il giro completo in anni $18\frac{3}{5}$. Ora, girando questa retta, il piano dell'orbita lunare viene a trovarsi in posizione diversa rispetto all'equatore, pure conservando sempre la stessa inclinazione alla ecclittica. A quel modo che l'intersezione dei due piani: ecclittica ed orbita lunare, cambia continuamente, cambia altresì quella dell'equatore e dell'orbita lunare; però rimanendo costante l'angolo fra i primi due piani, quello fra gli altri due deve di necessità variare.

Supponiamo che in un istante quella intersezione o linea dei Nodi della Luna coincida con la linea equinoziale (o dei Nodi dell'equatore sulla ecclittica), e che il punto γ coincida col Nodo ascendente dell'orbita lunare. Allora il piano di quest'orbita dovrà sollevarsi di appena $5^0.8'.43'',3$ su quello della ecclittica, mentre quello dell'equatore si solleva di $23^0.27'$ circa e passa per la stessa retta; ne segue che il piano dell'orbita lunare sarà compreso fra quelli dell'ecclittica e dell'equatore, facendo con quest'ultimo un angolo di $23^0.27' - 5^0.9' = 18^0.18'$. Ora dire che il piano della Luna s'inclina di 18^0 a quello dell'equatore importa che la Luna girando intorno alla Terra, occupando successivamente diversi punti sulla sua orbita, può allora scostarsi dall'equatore al massimo di $18^0.18'$ sopra o sotto di esso, cioè la declinazione della Luna in quella posizione della sua orbita può giungere al massimo a $18^0.18'$ di declinazione boreale o australe.

Giri adesso nel senso retrogrado la linea dei Nodi, fino a descrivere un angolo di 180^0 sul piano dell'ecclittica. Dopo anni $9\frac{3}{10}$ accadrà allora che il punto γ coinciderà col Nodo discendente.

Se prendiamo ad esame quella parte dell'orbita lunare che sta sopra l'ecclittica, troveremo che mentre essa fa con l'ecclittica un angolo di $5^0.9'$ della parte superiore di essa, la parte dell'equatore che sta sotto l'ecclittica passa per la stessa intersezione e forma inferiormente un angolo di $23^0.27'$ con l'ecclittica; quindi l'angolo fra il piano dell'orbita e l'equatore è eguale a

$$23^0.27' + 5^0.9' = 28^0.36'.$$

Similmente la parte dell'orbita della Luna che sta sotto l'ecclittica forma con questa un angolo di $5^0.9'$, mentre l'equatore forma superiormente un angolo di

$23^{\circ}.27'$. In questo caso la Luna percorrendo la sua orbita può giungere alla declinazione di $28^{\circ}.36'$.

Sicchè nell'intervallo di anni $9\frac{3}{10}$ le declinazioni estreme della Luna passano da un minimo ad un massimo, e viceversa dopo altri anni $9\frac{3}{10}$ passano da un massimo ad un minimo. L'oscillazione è sensibilissima, quindi anche ad occhio nudo si nota che la Luna, in meridiano, in certi anni giunge ad altezze cui non arriva mai in altri. Nel 1913 le declinazioni della Luna giungevano al loro massimo, nel 1922 scenderanno a toccare il minimo.

II. L'italiano Domenico Cassini che da Bologna passò a Parigi, chiamatovi da Luigi XIV, dove fondò quell'Osservatorio che è divenuto così celebre, studiando assiduamente la posizione delle macchie lunari, seguendone i piccoli spostamenti, scoprì due leggi singolari; eccole:

1° *La perpendicolare al piano dell'orbita lunare e l'asse di rotazione della Luna stanno sempre nello stesso piano con la perpendicolare al piano dell'ecclittica, ma da parti opposte.*

2° *La traccia dell'orbita lunare sulla ecclittica e quella dell'equatore lunare parimenti sulla ecclittica sono sempre parallele fra loro.*

Qui aguzza un po' l'ingegno e, per aiutarti a comprendere, traccia anche da te alcune figure geometriche. Tu sai che l'orbita della Luna è inclinata (in media) di $5^{\circ}.9'$ alla ecclittica e che l'equatore lunare è inclinato di $1^{\circ}.31'$. Ora analogamente a quello che abbiamo fatto poc'anzi per istudiare le variazioni dell'angolo fra l'orbita lunare e l'equatore *celeste*, possiamo noi supporre che in una certa posizione l'inclinazione dell'orbita e quella dell'equatore entrambi *lu-*

nare si addizionino, per cadere l'ecclittica fra quei due altri piani? No, la legge di Cassini stabilisce che il polo dell' orbita della Luna e quello dell'equatore di questa si devono trovar sempre da parti opposte relativamente alla direzione perpendicolare al piano dell'ecclittica, come lo sono l'asse dell'orbita lunare e quello della Terra nella seconda posizione considerata qui sopra, quando il punto y coincideva col Nodo discendente dell'orbita della Luna. In quel caso l'inclinazione dell'orbita lunare alla ecclittica e quella dell'equatore (della Terra) parimenti alla ecclittica si addizionavano, gli assi polari di quei due cerchi massimi stavano da parti opposte rispetto ad una perpendicolare alla ecclittica. Lo stesso accade sempre per la Luna, come dicemmo testè, per modo che si ha

$$5^0.9' + 1^0.31' = 6^0.40'.$$

Questo è l'angolo fra l'equatore lunare e il piano dell'ecclittica; l'asse di rotazione della Luna forma un' angolo di $83^0.20'$ col piano dell'ecclittica.

III. La teoria del moto della Luna ha formato oggetto delle più importanti ricerche teoriche da parte di sommi astronomi e matematici, ciò perchè essa presenta nel modo più ampio gli effetti delle forze perturbatrici, le quali intervengono a modificare le leggi del moto dei pianeti dedotte dal principio della gravitazione universale *(Lezione XXI)*. Infatti, oltre alle leggi del moto ellittico, le quali regolano in prima approssimazione il moto del nostro satellite, si sono scoperte in quel moto molte centinaia di ineguaglianze, cioè a così dire, eccezioni a quelle leggi. Con altre parole, quando si è calcolato il posto che dovrebbe occupare la Luna in cielo per effetto del solo moto kepleriano (secondo le due prime leggi di Kepler), bisogna fare più centinaia di correzioni (alcune rilevanti, altre piccole) a quel posto. Non passa quasi

anno che i cultori della teoria della Luna non scoprano qualche altra piccola ineguaglianza lunare, e non ostante questi continui ritocchi, la teoria non è oggi in grado di prevedere, senza incertezza di 8", 10", 12" il posto preciso che occuperà la Luna di qui ad alcuni anni.

Al principio del XIX secolo fu celebre la teoria della Luna elaborata dal grande astronomo Giovanni Plana dell'Osservatorio di Torino; poi vennero le teorie più perfezionate di Hansen, di Delaunay, di Brown. Le osservazioni continue della Luna, eseguite sia con gl'istrumenti meridiani sia coi grandi *altazimut* da Osservatorio, oppure con gli equatoriali nelle occultazioni di stelle per parte della Luna e negli ecclissi, questo gran numero di osservazioni arreca di continuo nuovi materiali, di cui si avvalgono gli astronomi teorici per fare continui ritocchi alla teoria della Luna, ma l'ultima parola su di essa è ben lungi dall'essere stata detta.

Fra l'altro è risultato che il globo lunare non è omogeneo, che considerandone l'emisfero boreale e l'australe, si trova che la massa di questo è superiore a quella del primo; il centro di gravità del globo lunare non sta sull'equatore di esso, ma inferiormente, considerando il polo Nord come superiore; cioè il centro della massa della Luna non coincide col suo centro di figura, col centro del disco che osserviamo, ma ne dista 0",60 o 0",70. Ora le teorie della Meccanica celeste si riferiscono al centro di massa, mentre le osservazioni si riferiscono al centro del disco ossia di figura.

Qui ti dirò che mentre per le stelle, pei pianetini, pei satelliti, astri tutti che hanno un diametro apparente molto piccolo o evanescente, si punta il centro del dischetto apparente; per gli astri con diametro misurabile, Sole, Luna e pianeti, si punta l'orlo ossia

il lembo ([1]) del loro disco, e poi, conoscendo l'ampiezza del loro *semidiametro* apparente (in circolo massimo sulla sfera), si riconduce l'osservazione del lembo a quello che sarebbe se si fosse invece puntato il centro. Pel Sole, che è sempre luminoso in tutto il suo disco, si osservano i due lembi, il che dà maggior precisione; per la Luna piena si può fare lo stesso, ma quando essa è in fase, si osserva soltanto il suo lembo luminoso.

Anche i pianeti presentano fasi, le quali sono notevoli in Mercurio, Venere, Marte e Giove, e dei pianeti in fase si osserva il lembo.

IV. Delle ineguaglianze lunari troverai esposizioni elementari in diversi libri, io però vo' dirti qualcosa di una singolare ineguaglianza lunare, *l'accelerazione secolare*. Tutti gli elementi delle orbite dei pianeti subiscono perturbazioni secolari, ad eccezione dell'asse maggiore e del moto medio angolare, che è strettamente connesso con l'asse maggiore. Invece pei satelliti, specialmente poi per la Luna, si ha una variazione nel moto medio, variazione per cui il nostro satellite si trova in avanti, del posto calcolato con le altre norme ed eccezioni (ineguaglianze), di

$$10'' \times t^2.$$

Qui t rappresenta un numero di secoli, t^2 il quadrato di quel numero. Sicchè la variazione della anomalia *(Lezione XIV)* della Luna non è proporzionale alla 1ª potenza del tempo, ma al quadrato di questo.

Dunque, se si calcola il posto dove dovrà trovarsi il centro della Luna, in base alle leggi di Kepler ed alle diverse centinaia di perturbazioni, se non si avesse riguardo a quella che qui consideriamo, si troverebbe che dopo un secolo la Luna sta sulla sua orbita 10''

([1]) La voce *bordo* in questo senso è un francesismo.

più avanti; dopo due secoli sta $10'' \times 2^2 = 40''$ avanti; dopo tre secoli, $10'' \times 3^2 = 90''$, e così via.

Tu comprendi che qui si tratta di uno spostamento notevole. Or come sono giunti gli astronomi a scoprire questa ineguaglianza e la sua legge?

In questa materia il tempo, la durata dell'intervallo cui si stendono le osservazioni ha una importanza capitale; quindi si è ricorso perfino alle più antiche osservazioni di ecclissi (e recentemente anche di occultazioni). Sai bene che gli antichi astronomi non avevano cannocchiali ed orologi a pendolo, nè cerchi graduati così bene come i nostri che si leggono mediante microscopî. Fino al 1650 le osservazioni potevano essere in errore di 1' ed anche di più. A tempo d'Ipparco poi, un errore di 5' non aveva nulla di straordinario e 1000 av. C. si osservava entro 10' o anche più grossolanamente. Or come mai potrebbero utilizzarsi osservazioni così grossolane? Rifletti però che per dedurre il moto medio diurno della Luna se ne prende la posizione in longitudine in un istante e poi la posizione dopo un lunghissimo intervallo di tempo; si divide il cammino percorso dalla Luna (che sarà di moltissime circonferenze e poi di un arco più o meno grande) e si divide questo cammino pel numero di giorni (e frazione di giorno) compreso fra quei due istanti; così si ha quale arco percorre la Luna in un giorno. Ora tu comprendi che l'errore delle antiche osservazioni che si riporta tutto intero sul numero di circonferenze ecc. ora dette, viene ad essere diviso per un numero grandissimo di giorni e l'errore è molto piccolo sul moto medio diurno.

Inoltre, delle osservazioni degli antichi si adoperano gli ecclissi, pei quali l'errore di osservazione si attenua di molto. Se leggiamo in Erodoto che fu osservato un ecclisse totale di Sole nel tal luogo, tu comprendi che, noto il luogo terrestre dove l'ecclisse

fu osservato come totale, con l'aiuto delle Tavole degli ecclissi (per esempio col *Canon eclipsorum* di Oppolzer) si può risalire alla data cui si riferisce quel racconto, e allora non rimane più una grande incertezza sul posto della Luna in quell'epoca, perchè se ne ha la posizione entro pochi minuti di arco per un istante dato.

Ebbene, accade questo che, se si determina il moto medio della Luna servendosi degli ecclissi av. C. e poi delle osservazioni degli Arabi nell'VIII o IX secolo dell'era nostra, si trova per la Luna un moto medio che è notevolmente inferiore a quello che si ottiene quando ci si serve delle osservazioni degli Arabi e delle recenti, dei giorni nostri. Dunque la Luna va accelerando il suo moto. Quale può esser mai la causa di questa accelerazione? Il grande matematico francese Laplace scoprì che, diminuendo lentamente coi secoli l'eccentricità dell'orbita terrestre, diminuisce il semiasse maggiore dell'orbita lunare, ossia la distanza media della Luna dalla Terra; quindi il suo moto medio accelera. E sarà così finchè l'eccentricità dell'orbita terrestre andrà diminuendo, cioè per altri 23 o 24 mila anni; in seguito la detta eccentricità andrà crescendo e la Luna invece di accelerare, ritarderà.

Veramente la teoria ora spiegata darebbe 6'',1 per l'ammontare della accelerazione lunare, rimane quindi il problema di dare ragione dell'eccesso

$$10'',0 - 6'',1 = 3'',9.$$

Ti dirò che l'istesso valore 10'',0 non è così ben garantito che non si possa invece ritenere 9'',5 o 10'',5 pel valore effettivo di quella accelerazione; ma, ad ogni modo, come si spiega che la teoria dà soltanto 6'',1? Le opinioni più diverse sono state avanzate dagli astronomi. Quale di essi ammette una accelera-

zione secolare nel moto della Terra; quale ricorre ad una accelerazione secolare nel moto retrogrado del Nodo lunare; altri invece ha affermato che quei 3",9 di differenza sono apparenti e dovuti a ritardo della rotazione terrestre dipendente dalle maree (*Lezione XXIV*). Riguardo a quest'ultima spiegazione tu capisci che se l'orologio di cui ci serviamo per misurare la velocità di corpi in moto, come: cavalli, ciclisti, automobili, ecc. ritarda alquanto nel tempo che dura la corsa, noi attribuiremo a quei mobili una velocità maggiore del giusto. Nel caso della Luna, la Terra con la sua rotazione sarebbe l'orologio, il quale ritarderebbe perchè le maree farebbero l'ufficio di freno, trattenendo la Terra nella sua rotazione, ritardandone la velocità.

Ma la teoria della Luna è la più complicata della Meccanica celeste e vi rimangono parecchi punti oscuri. Ad ogni modo, tu vedi come sono interessanti i problemi dell'Astronomia e comprendi come ci si possa appassionarvi.

V. Passiamo ad altre piccole questioni concernenti la Luna. Tu mi hai domandato qualche volta perchè d'inverno la Luna piena stia così a lungo sull'orizzonte e compia un giro lunghissimo sulla volta celeste, sorgendo molto lontano dal punto Est, verso Nord, elevandosi quasi a perpendicolo sull'orizzonte e tramontando molto lontano dal punto Ovest, anche verso Nord; mentre in estate la Luna piena è bassa e fa un giro non molto ampio. Ebbene adesso posso renderti ragione di questo e di altri fenomeni; stammi a sentire.

Poichè l'inclinazione dell'orbita lunare sulla ecclittica è di 5°.9', possiamo ritenere (in questa ricerca grossolana) che quei due piani coincidano; che la Luna, la Terra e il Sole si trovino sempre nello stesso piano, e che, quindi, nell'istante della Luna piena quei tre

corpi si trovino in linea retta [1]. Dunque allora l'altezza della Luna piena sull'orizzonte quando essa passa al meridiano (cioè verso mezzanotte) è eguale all'abbassamento massimo del Sole sotto l'orizzonte, cioè quando esso passa inferiormente al meridiano. Ora il Sole nelle nostre regioni è basso in inverno, alto in estate; in inverno sta sotto l'equatore, in estate trovasi sopra; dunque la Luna piena deve inversamente essere alta in inverno, bassa in estate.

Quando si ha plenilunio verso l'equinozio di autunno la Luna (sempre supposta nel piano dell'ecclittica) deve trovarsi come il Sole nell'equatore celeste a 180° da esso, e poichè l'equatore passa pel punto Est e pel punto Ovest, appena il Sole tramonta nel punto Ovest, la Luna sorge nel punto Est, trovandosi quasi in linea retta la Luna, la Terra ed il Sole. Accade allora che la luce del plenilunio segue immediatamente la luce del giorno che finisce, e il giorno sembra prolungarsi un poco.

Quando il Sole sta sull'equatore celeste, il suo moto in declinazione è rapido e lo stesso accade per la Luna. Ora nell'equinozio di autunno avanzando la Luna rapidamente verso il Nord (perchè il Sole avanza verso Sud) essa percorre per alcuni giorni successivi archi sempre più grandi sull'orizzonte *(archi diurni)*, questo importerebbe che essa sorgesse più presto, ma come si muove in ascensione retta verso Est, ne segue un compenso e la Luna per alcuni giorni di seguito sembra sorgere all'istessa ora. Il ritardo diurno dell'ora del sorgere della Luna, dovuto al suo avanzarsi in α è quasi compensato dall'anticipo dovuto all'aumento della sua δ.

Invece verso l'equinozio di primavera il ritardo del sorgere della Luna è massimo.

(1) Questo ha luogo con maggiore approssimazione negli ecclissi.

LEZIONE XVIII

I. Abbiamo studiato alcuni cambiamenti che subiscono le coordinate celesti degli astri ossia gli archi che ne fissano la posizione in cielo (α e δ; λ e β), cambiamenti dovuti allo spostarsi del punto γ e del piano dell'ecclittica. Queste variazioni sono apparenti, dovute cioè allo spostarsi della origine delle coordinate, non sono veri spostamenti degli astri. Per vederlo intuitivamente, ricordati che per la precessione l'asse di rotazione della Terra si sposta in cielo attraverso le costellazioni; dunque se variano le coordinate α e δ, non è per spostamenti delle stelle, ma per spostamenti della origine.

Le stelle non sono però assolutamente fisse, poichè di moltissime si è constatato un moto proprio ed è convinzione degli astronomi che tutte le stelle posseggano moto proprio, ancorchè la piccolezza di questo rispetto ai nostri mezzi d'investigazione non permetta ancora di accertarlo. Finora il moto proprio si ritiene rettilineo e costante, per modo che lo si scompone in due parti, cioè: moto secondo α e moto secondo δ. Salvo un piccol numero di stelle le quali hanno moti proprî annui che giungono a $0^s,4$ per α ed a $5''$ per δ, i moti proprî sono di qualche decimo, spesso di pochi centesimi di 1^s in α e di qualche decimo (o anche meno) di $1''$ in δ. Dall'entità e disposizione dei moti

proprî delle stelle si è scoperto (Herschel W.) che il sistema solare tuttoquanto si muove nello spazio, verso un punto chiamato *apice*. Le coordinate di questo punto sono conosciute con molta grossolana approssimazione; i migliori valori di queste coordinate sono:

$$\begin{array}{cc} \alpha & \delta \\ 18^h,2 & +35^0. \end{array}$$

Muovendosi il Sole verso questa direzione (che cade nella costellazione della Lira) con moto che per ora si può ritenere rettilineo e con velocità di 10,5 km. al secondo, ciò non vuol dire che il centro che lo attira si trovi in quella direzione, anzi quel centro deve trovarsi in direzione perpendicolare. Ma ad una retta nello spazio si possono condurre infinite perpendicolari, quindi per risalire alla posizione probabile del centro di attrazione del Sole bisogna ricorrere ad altri criterî. Sembra probabile che la stella *Canopo* della costellazione della Nave (emisfero australe) sia quel tale corpo celeste che attira il Sole.

Vi sono poi stelle che formano sistemi analoghi al nostro, stelle una delle quali gira intorno all'altra, secondo la legge di attrazione universale, oppure entrambe descrivono orbite ellittiche intorno al centro di gravità comune. Son queste le stelle *doppie fisiche*, a differenza delle stelle *doppie ottiche*, le quali sembrano vicine perchè si trovano quasi sullo stesso raggio visuale, ma non formano un sistema. Esistono anche sistemi di più di due stelle, sistemi ternarî, quaternarî, ecc. e inoltre in molti sistemi si è scoperta l'esistenza di astri oscuri, analoghi ai nostri pianeti.

Comprenderai che per le stelle che fanno sistema si hanno moti più sensibili degli ordinarî moti proprî, moti che si eseguono in orbite chiuse, non secondo una direzione, non rettilinei.

II. Ma oltre a questi spostamenti ve n'è uno apparente dovuto al fatto che la luce si propaga successivamente, quantunque con velocità grandissima, e che la Terra si muove nello spazio. La Terra, come sai, si muove perchè trasportata dal Sole, insieme agli altri pianeti, verso l'*apice*, si muove nel percorrere la sua orbita intorno al Sole, si muove compiendo una rotazione intorno al proprio asse. Per ognuno di questi moti vi è uno spostamento nelle posizioni delle stelle. Qui fermiamoci al moto di traslazione lungo l'orbita.

A quel modo che da un finestrino del treno in moto tu vedi gli alberi correre apparentemente in direzione opposta a quella in cui si muove il treno, un osservatore sulla Terra trasportato con velocità di circa 30 km. al secondo, vede le stelle muoversi, apparentemente, in direzione contraria a quella del moto della Terra. Ma un raggio di luce emesso dalla stella impiega un certo tempo a giungere all'osservatore, per modo che tu puoi immaginare che alla immagine della stella sieno impressi due movimenti, l'uno nel senso opposto al cammino della Terra, l'altro nel senso: Stella-Terra. Due moti o spinte comunicati allo stesso oggetto (se non sono proprio eguali ed opposti, nel qual caso l'oggetto non si muove per quelle spinte) si risolvono in un moto unico secondo una direzione diversa da quella dei due moti e più vicina alla direzione del moto più veloce.

Supponi una barca in mezzo ad un canale di acqua e che scorra su questa per la trazione di due cavalli ognuno dei quali è legato con una corda alla barca (nell'istesso punto) e si muove lungo una delle rive. Che cosa accadrà? Se i due cavalli si muovono con velocità eguale, la barca, situata nel mezzo del canale, riceverà due spinte, acquisterà due moti secondo due direzioni che fanno un angolo fra loro, l'angolo

fra le due corde tese, e percorrerà nel fiume la bisettrice di quell'angolo. Se invece uno dei due cavalli è più robusto, corre più, esso imprimerà alla barca un moto maggiore dell'altro e quella scorrerà lungo una direzione più vicina alla riva lungo cui cammina quel cavallo. In generale, se con due lati di un parallelogrammo indichiamo le direzioni e le velocità di due moti comunicati ad un corpo, situato in uno dei vertici del parallelogramma, esso si muoverà lungo la direzione indicata dalla diagonale che passa per quel vertice con una velocità misurata dalla lunghezza di quella diagonale.

Torniamo alla stella; la sua immagine si può supporre al vertice di un parallelogramma, un lato del quale è eguale alla velocità della luce in un dato tempo, per es. in 1_s, mentre l'altro lato è eguale alla velocità di traslazione della Terra in 1_s. Il rapporto di questa seconda velocità alla prima non è evanescente, perchè si ha

$$\frac{30 \text{ km}}{300\,000 \text{ km}} = \frac{1}{10\,000}.$$

Dunque quel parallelogramma non si riduce ad una retta ([1]) e la sua diagonale passante per la stella segna la direzione lungo la quale si vede questa dalla Terra.

Se vuoi un'altra immagine, supponi che stia cadendo la pioggia in direzione assolutamente verticale, come accade quando non c'è vento. Se tu stai fermo, devi tener l'ombrello con l'asta verticale, cioè direttamente parallela alla direzione della pioggia; ma se tu ti metti a correre, vi è una combinazione, una sovrapposizione della velocità della pioggia e della tua, sicchè per non bagnarti devi inclinare l'asta dell'om-

([1]) Come sarebbe se la velocità della Terra fosse praticamente nulla rispetto a quella della luce.

brello, deviarla dalla verticale verso la direzione in cui ti muovi.

In conclusione, noi vediamo le stelle, il Sole, la Luna, i pianeti, le comete, i satelliti, tutti i corpi celesti *dove non sono* effettivamente, in direzione diversa da quella ove li vedremmo se la luce si propagasse istantaneamente. Questo fenomeno per cui si combina la velocità della luce con quella della Terra sull'orbita chiamasi *aberrazione annua*. Per esso le immagini degli astri si spostano (1) e noi vediamo le stelle descrivere in un anno orbite chiuse, piccole ellissi disposte tutte con l'asse maggiore parallelo all'ecclittica; quell'asse maggiore è eguale per tutte le stelle ed abbraccia 40",94 (2) di arco di circolo massimo. — Se una stella si trova proprio nel piano dell'ecclittica, in cui si muove la Terra, quella ellisse si riduce al solo asse maggiore, cioè ad una retta percorsa due volte in senso contrario nel corso dell'anno; se una stella si trova al polo dell'ecclittica, essa descriverà un cerchio con diametro eguale a 40",94.

Ritieni che in questo fenomeno della aberrazione entra soltanto il rapporto della velocità della luce a quella della Terra, e la posizione (le coordinate) dell'astro sulla sfera celeste, perchè l'entità della aberrazione (il raggio vettore dell'astro in quell'istante nella *ellisse di aberrazione*) dipende dal posto che occupa l'astro sulla sfera celeste. La distanza dell'astro dalla Terra non c'entra. Quindi nel calcolare in ogni istante l'angolo di cui devia la visuale all'astro ossia l'aberrazione in quell'istante, si avrà un fattore co-

(1) In latino *aberrare* vuol dire *scostarsi, deviare*.

(2) Questo è il valore adottato nella Conferenza di Parigi del 1896; ma determinzioni più recenti conducono, pel semiasse maggiore, al valore 20",51. V. per es. Boccardi, *Saggio sulla costante di aberrazione* (Atti della R. Accademia delle scienze di Torino, 1915).

stante $\frac{1}{10\,000}$ che va moltiplicato per quantità dipendenti soltanto dalle posizioni dell'astro e della Terra, non della distanza dell'astro da noi. Il Sole, la Luna, i pianeti, ecc., tutti gli astri sono soggetti a questa aberrazione, l'entità della quale non dipende dalle diversissime distanze degli astri dalla Terra.

III. Ti prego di non confondere l'ellisse di aberrazione annua delle stelle con l'ellisse di parallasse. Sia (fig. 15) $T\,T'\,T''\,T'''$ l'orbita effettiva su cui si muove la Terra e T, T', ... alcune sue posizioni. Sia S una stella che abbia parallasse annua apprezzabile. Quando la Terra si trova in T, noi dirigiamo alla stella la visuale $T\,S\,s$, la quale incontra la sfera celeste in s e quivi vediamo l'immagine della stella. Le coordinate di questa sulla sfera celeste son quelle del punto s. Allorchè la Terra si sarà trasportata in T', la visuale $T'\,S\,s'$ ci farà vedere la stella in s' sulla sfera celeste, e così alle posizioni T'', T''' corrispondono s'', s'''. Il moto della immagine della stella si compie sopra una ellisse, gli assi della quale variano da stella a stella; ma l'asse maggiore è parallelo al piano dell'ecclittica. La grandezza degli assi dipende dalla distanza della stella.

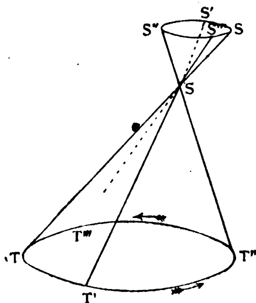


Fig. 15.

Le parallassi delle stelle e l'aberrazione annua costituiscono la prova più sensibile del sistema copernicano, perchè solo con una Terra mobile in una ellisse intorno al Sole, potrebbero aver luogo le ellissi di parallasse e di aberrazione. A Copernico si oppo-

neva che se il suo sistema fosse stato vero, le immagini delle stelle dovevano sembrarci mobili nel corso dell'anno; ma egli rispondeva: Quando le osservazioni avranno raggiunto un alto grado di precisione si constateranno quei moti nelle stelle. L'Astronomia moderna ha risposto al voto di Copernico.

IV. Quel valore 20″,47 del semiasse maggiore di tutte le ellissi di aberrazione esprime in modo singolare il rapporto della velocità della luce a quella della Terra. Tu sai infatti che sulla ecclittica il Sole e la Terra si trovano da parti opposte in cielo, cioè la longitudine del Sole differisce sempre di 180° da quella della Terra. Spostandosi la Terra sulla sua orbita, il raggio visuale dal centro della Terra al centro del Sole si sposta e segna in cielo luoghi del Sole simmetrici a quelli della Terra. Orbene, pel combinarsi della velocità della luce con quella della Terra, noi non vediamo il Sole dove dovremmo vederlo effettivamente (¹); e poichè la luce impiega un certo tempo a giungerci dal Sole, cioè $498^s,4$; durante questo tempo la Terra si è spostata di un piccolo arco sulla sua orbita, e quest'arco lo si calcola con una semplice proporzione, sapendosi che in un giorno medio la Terra descrive (col suo moto medio) un arco di 3548″.19 . . . sull'ecclittica (²). La luce inviataci dal Sole nell'istante t colpirebbe la Terra in moto nell'istante medesimo, se la luce si propagasse istantaneamente; ma poichè ciò non è, la luce partita dal Sole nell'istante t giunge a noi nell'istante t' essendo, in media, $t' - t = 498^s,4$. Com-

(¹) Anche avendo riguardo alla parallasse. S'immagini un osservatore nel centro della Terra, pel quale non esiste parallasse; ebbene per lui avrà sempre luogo lo spostamento apparente del Sole pel fatto dell'aberrazione annua. Invece l'aberrazione diurna, dovuta alla velocità di rotazione della Terra, non esiste per un osservatore che si trovasse nel centro di questa.

(²) Non possiamo qui introdurre l'eccentricità dell'orbita terrestre.

binandosi la velocità della luce e quella della Terra, noi vediamo il Sole nell'istessa direzione in cui lo avremmo veduto nell'istante *t*, se la luce si fosse propagata istantaneamente. Se farai la figura, le più elementari cognizioni di Geometria ti mostreranno che la diagonale del parallelogramma che ha per lati il cammino percorso dalla luce (dal Sole alla Terra) nel tempo $t' - t$ ed il cammino percorso dalla Terra nell'istesso intervallo di tempo, è parallela alla direzione che congiunge il Sole con la posizione ov'era la Terra nell'istante *t*.

Poichè la Terra ha percorso un archetto sulla sua orbita durante il tempo $t' - t$, la congiungente il Sole con la Terra nel posto ove si trova nell' istante *t'*, segna pel Sole, sulla ecclittica, un posto più avanzato di quello che segna la diagonale ora detta o la congiungente il Sole con la Terra nel posto *t*. Noi dunque per effetto dell'aberrazione vediamo il Sole, in media, 20'',47 in ritardo, cioè con longitudine minore di 20'',47 rispetto a quel che dovrebbe essere.

Di questo spostamento apparente del Sole si tien conto nelle osservazioni e nei calcoli astronomici.

Fu il celebre astronomo inglese Bradley che scoprì il fenomeno dell'aberrazione verso la metà del XVIII secolo. Aveva egli instituito lunghe serie di osservazioni su molte stelle, per determinarne la parallasse; invece ei trovò che le stelle descrivevano sì delle ellissi, ma non nel modo che corrispondeva allo spostarsi della Terra sulla sua orbita. Non si trattava di ellissi parallattiche ma di ellissi di aberrazione. Ai tempi di Bradley le osservazioni non avevano quel grado di precisione che si richiede per determinare le piccolissime parallassi annue delle stelle.

V. Tu comprendi che abbiamo potuto tener conto dello spostamento *apparente* del Sole *effettivo* della Terra mentre la luce ci giunge dal Sole, perchè co-

nosciamo la distanza del Sole e quindi il tempo che la luce impiega a venire da esso a noi e l'arco che descrive frattanto la Terra sulla sua orbita. Lo stesso si fa per gli astri di cui si conosce la distanza, com'è dei pianeti e delle comete di cui sono noti gli elementi dell'orbita. Nota la distanza di un pianeta, si ha il tempo che la luce impiega a giungerci da esso e ritenuta come vera la direzione in cui lo si è osservato nell'istante t' (cioè la direzione della diagonale), si corregge il tempo t' della osservazione, diffalcandone la differenza $t' - t$ (tempo che impiega la luce a giungerci), e si ha così l'istante t, al quale corrisponde la direzione osservata.

D'altra parte, se si conosce bene l'orbita del pianeta, si può avere l'arco di cui esso si sposta sulla sua orbita nel tempo $t' - t$, e quindi invece della direzione osservata si prende quella che congiunge il posto ove si trova effettivamente il pianeta nell'istante t' con quello dove sta la Terra nel medesimo istante.

Il modo di tener conto dell'aberrazione per astri di nota distanza costituisce la correzione di ***aberrazione planetaria***.

VI. Poichè le stelle, in generale, descrivono ellissi nel corso dell'anno per effetto dell'aberrazione, tu comprendi che gli spostamenti delle immagini stellari variano nel corso dell'anno; la longitudine e la latitudine (celesti) ora crescono ora diminuiscono ed è lo stesso dell'ascensione retta e della declinazione. Possiamo quindi chiederci quando è massimo lo spostamento in longitudine (in un senso o nell'altro, cioè in aumento o in diminuzione) e quando si ha il massimo per la latitudine.

Sulla longitudine l'effetto è massimo (positivo o negativo) quando la Terra si trova sulla sua orbita TE (fig. 16) alla stessa longitudine della stella; è minimo, cioè nullo, quando la Terra si trova a 90^0 o 270^0 di

longitudine dalla stella. Invece per la latitudine l'effetto è nullo nel primo caso, massimo nel secondo.

Un'occhiata alle figure 16 e 17, schematiche, ti farà capire ogni cosa. Sia *T* la Terra, *S* la stella, per trovarsi esse alla stessa longitudine (fig. 16); il piano condotto pel polo *Π* della ecclittica e per la stella, passerà altresì per la Terra. È il piano di un circolo di longitudine; *TP* indica la traccia di questo piano sulla ecclittica, *TA* è la tangente all'orbita terrestre condotta pel punto *T*, tangente la quale con la retta *TS* forma il parallelogramma di aberrazione.

TS' è la direzione secondo cui sarà veduta la stella da *T*. Ora *S'* sta con *S* sull'istesso parallelo ecclittico (essendone *Π* il polo); quindi se la Terra e la stella hanno longitudini eguali (o differenti di 180°), *l'aberrazione in latitudine è nulla*. Invece il piano *STS'* è perpendicolare alla traccia *TP*, e l'effetto è *massimo* sulla longitudine; il circolo di longitudine che passa per *Π* ed *S'* si scosta il più che sia possibile, per l'aberrazione, dal circolo *ΠS*.

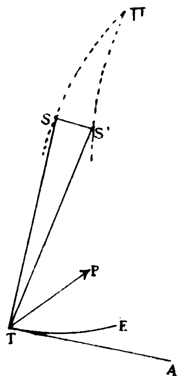


Fig. 16.

Quando poi (figura 17) la Terra si trova a 90° o 270° di longitudine dalla stella, supponiamo condotta per *T* la *TΠ'* parallela all'asse polare della ecclittica. Questa retta si troverà nell'istesso piano di *STS'*, perchè *TS* è diretta ad una stella a 90° o 270° dalla Terra; il piano *Π'TSS'* è perpendicolare all'altro *Π'TP*. Come conseguenza, la longitudine di *S'* è la stessa di quella di *S*, perchè entrambi son contenuti nel piano *Π'TSS'*, ch'è quello del circolo di longitudine della stella; mentre *Π'TP* è il circolo di longitudine della Terra. L'aberra-

zione in longitudine è quindi ***nulla***. Invece la direzione TS' forma con la direzione $T\Pi'$ un angolo maggiore di quello che con $T\Pi'$ forma TS; cioè sul circolo di longitudine comune ai punti S ed S', quest'ultimo si trova a maggior distanza angolare dal polo dell'ecclittica. Allora l'effetto dell'aberrazione sulla latitudine è ***massimo***.

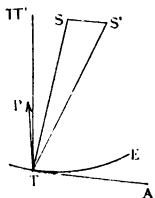


Fig. 17.

Il moto della Terra intorno al proprio asse combinandosi con la velocità della luce inviataci dagli astri produce ***una aberrazione diurna***, per la quale le immagini degli astri descrivono piccole ellissi con l'asse maggiore parallelo all'equatore, però l'asse maggiore varia in lunghezza da una stella all'altra nell'istesso luogo terrestre, e per la medesima stella varia da un luogo terrestre, all'altro. Quando le stelle passano al meridiano, superiormente o inferiormente, l'effetto della aberrazione è ***massimo*** in ascensione retta, ***nullo*** in declinazione. Quando l'astro si trova a 6^h di angolo orario cioè è passato già da 6^h di tempo sidereo pel meridiano o vi passerà fra 6^h, l'aberrazione in α ***è nulla e massima*** in δ. Lo spostamento per l'aberrazione diurna è molto più piccolo di quello per l'aberrazione annua salvo per stelle vicinissime ai poli.

LEZIONE XIX

1. Per la Luna abbiamo introdotto una rivoluzione che abbiamo chiamata *sinodica* e che corrisponde al tempo necessario alla Luna per tornare alla stessa posizione in longitudine geocentrica, cioè osservata dalla Terra. Ora anche pei pianeti si ha riguardo alla rivoluzione sinodica, la quale si riferisce appunto al ritorno di un pianeta alla stessa posizione rispetto al Sole, essendo quello e questo osservati dalla Terra.

Se tu pensi alla dimostrazione pratica della *Lezione X*, all'esempio della tavola da pranzo col lume nel mezzo, e immagini non un solo uomo che giri intorno alla tavola ma due a diversa distanza e con velocità angolare diversa, quella dell'uomo più vicino essendo più grande, capirai che se partono insieme e mentre sono in linea retta [1] col lume (che fa l'ufficio del Sole), perchè si ritrovino un'altra volta in linea retta col lume, occorrerà più tempo che non mette il primo (più vicino alla tavola) a fare un giro di 360°, perchè se il primo gira, il secondo non rimane fermo. Se il secondo rimanesse fermo, dopo un giro di 360°, fatto dal primo, i due s'incontrerebbero; ma poichè anche il secondo si muove e nell'istesso senso, quando il primo avrà fatto un giro

[1] O nello stesso piano verticale, perpendicolare alla tavola.

di 360°, tornato al posto di prima, non vi troverà più il secondo, il quale si è mosso nell'istesso senso del primo, e quindi questi dovrà fare altro cammino per raggiungerlo.

La stessa cosa accade ai pianeti; essi girano intorno al Sole e tutti nello stesso senso; dunque perchè un pianeta interno ad un altro, dopo essersi trovato in linea retta con esso e col Sole vi si trovi nuovamente, non basta che esso percorra la sua orbita, ma si richiede che esso percorra altro cammino. Se la velocità angolare del pianeta interno è doppia di quella dell'esterno, per es. se il pianeta interno percorre 2° al giorno e l'esterno 1° ogni giorno, il primo avanzerà, si scosterà di 1° dal secondo; sicchè dopo 10 giorni si sarà scostato di 10°, e per tornare a coincidere col secondo dovrà percorrere 360°, cioè impiegare 360 giorni, mentre per fare un giro, una rivoluzione, gli occorrono 180 giorni. E se il pianeta interno percorre 3° al giorno e l'esterno 1°, quello avanzerà di 2° al giorno rispetto a questo; sicchè per incontrarsi nuovamente con l'esterno dovrà impiegare 180 giorni.

In conclusione, se un pianeta interno ha un moto medio diurno eguale ad n ed un altro, esterno, ha moto medio n', la durata della rivoluzione sinodica sarà di

$$\frac{360^0}{n - n'}.$$

Per esempio, Venere ha $n = 5767'',67$, la Terra $n' = 3548'',19$, quindi $n - n' = 2219'',48$; la rivoluzione sinodica di Venere è eguale:

$$\frac{360^0}{2219'',48} = 583^d,92.$$

Nettuno ha $n' = 21'',53$; la Terra $n = 3548'',19$, dunque $n - n' = 3526'',66$ e:

$$\frac{360^0}{3526'',66} = 367^d,49.$$

Ecco le rivoluzioni sinodiche per tutti i pianeti, naturalmente esclusa la Terra, perchè il moto medio di ogni pianeta si combina con quello della Terra.

Mercurio	$115^d,38$	*Saturno*	$378^d,09$
Venere	583 ,92	*Urano*	369 ,66
Marte	779 ,94	*Nettuno*	367 ,49
Giove	398 ,88		

Da questo quadro tu rilevi come, salvo per Mercurio, le rivoluzioni sinodiche sono tutte maggiori della durata dell'anno; però pei pianeti più lontani (nei quali n' è molto piccolo), la rivoluzione sinodica è quasi eguale all'anno. Ciò si comprende; se Nettuno avanza appena di $21'',53$ al giorno, è quasi come se fosse fisso in cielo, quindi alla Terra bastano $2^d,23$ per compensare quel poco di cui si avanza Nettuno in una rivoluzione siderea della Terra.

Troverai una illustrazione di questa questione nel problema degl'indici dell'orologio, i quali coincidono a mezzodì e si cerca quando coincideranno una seconda, una terza volta, ecc.

Noterai che in questa ricerca si sono supposte tutte le orbite planetarie giacenti nello stesso piano; il che ha luogo con grande approssimazione, almeno quanto a produrre variazione apprezzabile nella durata della rivoluzione sinodica, che si dà entro un centesimo di giorno.

II. Quantunque il moto dei pianeti per un osservatore supposto nel Sole sia sempre diretto a noi che siamo sulla Terra i pianeti appariscono ora dotati di moto diretto ora di retrogrado e talvolta sembrano *stazionari*.

La fig. 18 ti farà subito comprendere come ciò accada. Sia S il Sole, intorno al quale girano la Terra nell'orbita A, B, C, D, E, F ed un pianeta interno nell'orbita a b c d e f. Quando la Terra sta in A e

l'altro pianeta, poniamo Venere, in *a*, questo sarà veduto da *A* nella direzione *Aa* che segna sulla sfera celeste il punto *a'*. In seguito la Terra si trasporta in *B* e Venere in *b*, la visuale mostra Venere nel punto *b'* sulla sfera. Dunque, mentre Venere va da *a* a *b*, il suo moto apparisce *diretto*. Quando la Terra è giunta in *C* e Venere in *c*, la visuale giunge alla sfera celeste anche in *b'*; quindi Venere sembra immobile, *stazio-*

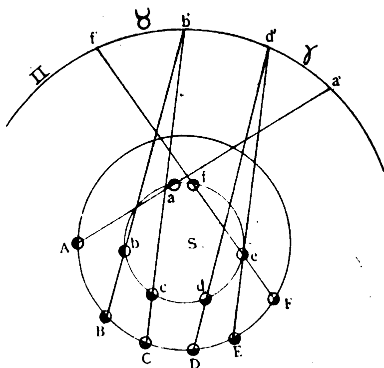


Fig. 18.

nario sulla sfera celeste. Quando la Terra sta in *D* e Venere in *d*, la visuale segna il punto *d'*, che sta dietro *b'*, cioè più vicino al punto *γ*. Venere sembra allora *retrogrado*. In séguito, in *E* ed *e* Venere apparisce *stazionario*; finalmente in *F* ed *f* Venere torna ad essere *diretto*.

Se poi trattasi di un pianeta esterno alla Terra (figura 19), da *a* a *b* il pianeta, per es. Marte, è veduto *diretto* cioè da *a'* a *b'* sulla sfera celeste. Da *b* a *c* è veduto stazionario in *b'*; da *c* a *d* *retrogrado*, da *d* ad *e* stazionario in *d'*; da *e* ad *f* *diretto*.

Comprenderai che pei pianeti, interni o esterni, maggiore è la differenza fra le durate delle rivoluzioni della Terra e del pianeta, *più frequenti sono le stazioni e retrogradazioni*, perchè il pianeta interno passa allora più spesso fra la Terra e il Sole; e per un pianeta esterno, la Terra passa più spesso fra esso e il Sole.

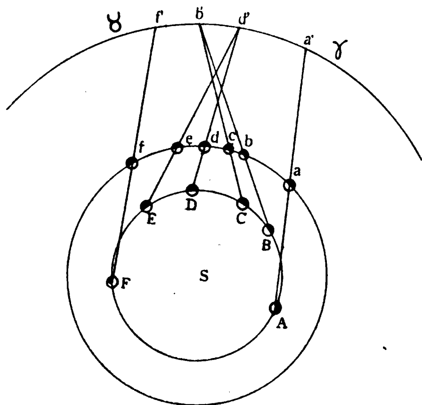


Fig. 19.

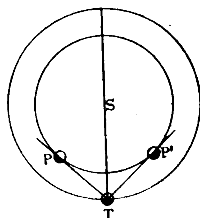


Fig. 20.

Più vicino alla Terra è un pianeta, maggiore è il suo angolo di retrogradazione.

Poichè la Terra fa rispetto alla Luna l'ufficio del Sole rispetto ai pianeti, dalla Terra noi vediamo la Luna muoversi sempre nel senso *diretto*.

Dicesi che un pianeta (fig. 20) P o P' si trova alla *massima elongazione*, quando la visuale TP o TP', dalla Terra T ad esso riesce tangente all'orbita del pianeta. Infatti allora l'angolo SPT (o $SP'T$) è retto, e l'angolo STP formato dalla visuale TP con TS, congiungente la Terra col Sole è massimo.

LEZIONE XX

II. Ti ho promesso d'indicarti come si è determinata la parallasse del Sole, dal momento che osservazioni, diciam così, dirette, come quelle che ci hanno dato la parallasse lunare (visuali alla Luna dirette da punti della Terra molto lontani e possibilmente alle due estremità di un diametro) non darebbero buoni risultati. Eccomi a soddisfarti.

Molti metodi hanno adoperato gli astronomi pér determinare questo elemento fondamentale, ch'è come il metro celeste. Un primo metodo si ebbe in passato dalla osservazione degli ecclissi dei satelliti di Giove. Questo pianeta illuminato dal Sole da una parte proietta dietro a sè dall'altra parte un cono di ombra; la punta del cono sta dietro ad esso, perchè il globo del Sole, che illumina Giove e dà luogo al cono, è immensamente più grande del globo di questo pianeta. Ora, dei quattro più antichi satelliti di Giove se ne ha la teoria con precisione, e questa ci dice quando un satellite entra nel cono di ombra, quando ne esce. Dalle osservazioni poi degli ecclissi di quei satelliti risultò che quando la Terra sta in congiunzione con Giove, cioè alla stessa longitudine rispetto al Sole (1), si ha anticipo sul-

(1) Rispetto alla Terra, nel primo caso Giove trovasi alla opposizione (col Sole) nel secondo alla congiunzione superiore, che è la sola possibile pei pianeti superiori.

l'istante dell'ecclisse calcolato, quando invece la Terra e Giove sono in opposizione (rispetto al Sole) cioè differiscono di 180° in longitudine, si ha ritardo eguale all'anticipo. Tal fenomeno è dovuto a questo, che la Terra nel primo caso si trova alla minima distanza da Giove, nel secondo alla massima; mentre i calcoli degli ecclissi si riferiscono alla distanza media; quindi nel primo caso la luce impiega minor tempo a giungerci che nel secondo, e la differenza, cioè la somma dell'anticipo e del ritardo, è data dal tempo che impiega la luce a percorrere tutto un diametro dell'orbita terrestre, che costituisce la differenza in distanza. Noto il tempo che impiega la luce a percorrere quel diametro, nota altresì la velocità della luce (299 860 km. per 1^s), si ottiene immediatamente la distanza del Sole dalla Terra in km., donde la parallasse del Sole.

S'intende che le osservazioni si moltiplicano e non si fanno soltanto nella immediata vicinanza della congiunzione e della opposizione. Se dall'insieme delle osservazioni risulta che la distanza media Terra-Sole è percorsa dalla luce in 498^s, si trova subito che quella distanza media è eguale a 149 milioni e più di chilometri, e quindi la parallasse orizzontale equatoriale del Sole è di 8",81.

Però gli ecclissi dei satelliti di Giove non possono osservarsi con grande precisione (1), quindi questo primo metodo non è più adoperato.

II. Un secondo metodo è dato dal valore della costante di aberrazione annua 20",47, ottenuto mediante osservazioni di stelle. Infatti abbiamo veduto (Lezione XVIII) che nota la distanza media Sole-Terra ed il

(1) Fra l'altro, un ecclisse siffatto non accade istantaneamente, quantunque il dischetto del satellite apparisca a noi molto piccolo, perchè in realtà il disco del satellite entra a poco a poco nel cono di ombra.

moto medio di questa, si può determinare di quanti secondi di arco il Sole apparisce indietro sulla ecclittica per effetto della aberrazione e quindi la costante di questa. Viceversa, nota la costante di aberrazione, se ne deduce il tempo che impiega la luce a giungerci dal Sole e quindi la distanza Terra-Sole, donde la parallasse del Sole.

Qui però devo farti notare che questo modo di avere la parallasse del Sole (come pure il precedente) suppone che la velocità della luce determinata con esperienze sulla Terra a brevi distanze, attraverso l'atmosfera, sia assolutamente identica alla velocità attraverso lo spazio. Rifletti che le osservazioni hanno avuto per base alcune diecine di chilometri attraverso l'atmosfera, nelle regioni basse della stessa; l'atmosfera poi che la luce attraversa, si eleva a 300 e più km. ed ha ineguale densità, e inoltre tutta l'atmosfera rappresenta la 500 millesima parte della distanza Terra-Sole che si vuol misurare. Ora, l'estendere allo spazio ed a distanze enormi i risultati da gabinetto sulle proprietà della luce è un po' arrischiato.

E se vuoi anche sapere perchè io insisto su questo punto, ti dirò che, partendo dal valore 8",80 per la parallasse solare, ottenuto con altri metodi, e seguendo il ragionamento esposto qui sopra, si giunge al valore 20",47 per la costante dell'aberrazione annua, mentre le ricerche *dirette* e più delicate danno 20",50 almeno per quella costante. Il punto più debole di questa tortuosa determinazione della costante di aberrazione, passando per la parallasse del Sole (che può avere un piccolo errore) e la velocità della luce determinata sulla Terra, sta nel valore 299 860 km. al secondo che si è voluto applicare agli spazi interplanetari.

III. Veniamo ai metodi meno soggetti a critiche. La 3ª legge di Kepler (Lezione XXI) stabilisce una relazione fra le durate delle rivoluzioni dei diversi pianeti

del nostro sistema e le loro dittanze medie dal Sole; essa si enuncia così;

Il rapporto fra i quadrati che esprimono (in una qualunque unità di tempo) le durate delle rivoluzioni di due pianeti qualunque è eguale al rapporto dei cubi che esprimono (in qualunque unità di lunghezza) le distanze medie degli stessi pianeti.

Se non ti spaventa il linguaggio algebrico, ecco l'espressione di questa legge di Kepler:

$$\frac{T^2}{T'^2} = \frac{a^3}{a'^3}.$$

Qui T e T' sono numeri che esprimono le durate delle rivoluzioni di due pianeti, T^2 e T'^2 sono i quadrati di quei numeri, $\frac{T^2}{T'^2}$ esprime il rapporto di quei due quadrati. D'altra parte a ed a' sono numeri che esprimono le distanze medie degli stessi pianeti, $\frac{a^3}{a'^3}$ è il rapporto dei cubi di quei numeri. Ora la 3ª legge di Kepler stabilisce che quei due rapporti sono eguali fra loro.

Ecco un esempio. Prendiamo per unità di lunghezza la distanza media: Terra-Sole, quella di Marte sarà 1,5237. Il cubo di 1 è 1, quello di 1,5237 è 3,5375; il loro rapporto è $\frac{1}{3,5375} = 0,28\,268.$

Ebbene, se T rappresenta la durata della rivoluzione della Terra, il suo quadrato sarà T^2 ed il rapporto di T^2 al quadrato del tempo periodico (T'^2) di Marte sarà anche eguale a 0,28 268 cioè:

$$\frac{T^2}{T'^2} = 0,28\,268$$

e:

$$T'^2 = \frac{T^2}{0,28\,268}$$



Poichè: $T = 365^d,26$ sarà la rivoluzione di Marte

$$T' = 686^d,97.$$

Oppure, in altra forma;

$$\frac{1}{T'^2} = \frac{1}{3,5375}$$

quindi:

$$T'^2 = 3,5375, \qquad T' = \sqrt{3,5375} = 1,8808$$

La rivoluzione di Marte sarà 1,8808 volte quella della Terra, cioè:

$$T' = 365^d,26 \times 1,8808 = 686^d,98.$$

A rigore, la legge di Kepler dev'essere completata con l'introdurvi le masse dei pianeti, ma questa è una questione di calcolo che si risolve facilmente.

Tu comprendi adesso che, se si conoscono i tempi periodici dei diversi pianeti e la distanza di uno di essi dal Sole, si possono avere le distanze di tutti gli altri. E come quei tempi periodici sono conosciuti con grande precisione, lo saranno anche le loro distanze dal Sole, quando una sola sia ben conosciuta.

Fermiamoci a Marte. Se con le osservazioni dirette si giunge ad ottenere la distanza di Marte dalla Terra, i loro tempi periodici, ossia le rivoluzioni, fanno sapere il rapporto delle loro distanze dal Sole, e, conosciuto di quanto è più grande quella di Marte, si ha quella della Terra dal Sole.

Ora accade che Marte nella opposizione si avvicina molto alla Terra, e se questa sta alla sua massima lontananza dal Sole (all'afelio) e Marte alla sua minima distanza dal Sole, la distanza fra la Terra e Marte scende fino a 0,354 della distanza Terra-Sole. In quelle condizioni si può determinare direttamente la parallasse con angoli di 50″ fra le visuali dirette al suo centro da due osservatori situati quasi alle due estremità di un diametro terrestre, o ad ogni

modo si giunge senza difficoltà ad osservar Marte con angoli di 40″ o 45″. Tu capisci che sopra angoli tanto più grandi della parallasse solare, gli errori inevitabili di osservazione non giungono ad una parte notevole dell'angolo da determinarsi. Moltiplicando gli osservatori e le osservazioni, gli errori si attenuano ancor più sull'insieme dei risultati. In tal modo le osservazioni di Marte hanno dato il valore 8″,85 per la parallasse del Sole.

IV. Le condizioni di: Terra all'afelio e Marte al perielio, non sono frequenti; quindi si è preferito ricorrere a diversi pianetini, i quali sono è vero un poco più di Marte lontani dal Sole (tranne il pianetino *Eros*), ma da una parte si prestano meglio alla osservazione, perchè hanno dischetti apparenti piccolissimi, e dall'altra, nel loro numero, presentano più frequenti occasioni favorevoli. Le migliori osservazioni furono organizzate dal celebre astronomo inglese sir David Gill. Dalle opposizioni dei pianetini *Flora*, *Giunone*, *Saffo*, *Vittoria* ed *Iride* si è ottenuto il valore 8″,800 per la parallasse del Sole.

Nel 1900 e 1901 furono poi eseguite circa 60 mila osservazioni del pianetino *Eros*, il quale si avvicina alla Terra notevolmente più di Marte. Con osservazioni dirette e fotografiche si è giunti al valore

8″,806,

che è il migliore oggi posseduto.

Nel 1930-31 *Eros* si presenterà in condizioni favorevolissime, e si avrà allora la parallasse del Sole con precisione anche maggiore, per esempio in modo da escludere un errore che giunga a 0″,003. Oggi un errore anche di 0″,004 non sarebbe improbabile. A conti fatti, con la precisione attuale, un errore di 65 000 km sulla distanza Terra-Sole non avrebbe nulla di straordinario; ma su 149 milioni e mezzo di km., quei 65 000 km. non sarebbero un gran che.

V. Un altro metodo è dato dalla parallasse di Venere. Essendo l'orbita di questo pianeta contenuta in quella della Terra, non è possibile che Venere si trovi in opposizione, com'è per Marte e pei pianetini che sono esterni all'orbita terrestre. Invece Venere nella sua *congiunzione inferiore*, trovandosi fra il Sole e la Terra, si avvicina a questa anche più che nol faccia Marte. Quando queste congiunzioni inferiori hanno luogo in grande vicinanza dei nodi dell'orbita di Venere [1], questo pianeta, la Terra e il Sole stanno quasi in linea retta, e volgendo Venere a noi l'emisfero oscuro la sua immagine è da noi veduta proiettata sul disco del Sole come una piccola macchia nera. Trovandosi allora Venere molto vicina alla Terra, osservatori distribuiti su di questa ne proiettano l'immagine in punti molto lontani sul disco del Sole, donde un modo di misurare la parallasse di Venere. I passaggi di Venere del 1882, che furono osservati con somma diligenza e da numerose missioni di astronomi di ogni paese, condussero in media al valore 8″,798.

L'accordo fra i risultati di questi due ultimi metodi è soddisfacentissimo.

VI. Oltre a questi metodi che richiedono osservazioni *ad hoc*, vi sono metodi dirò così teorici e indiretti i quali poggiano sì sopra osservazioni ed anche in gran numero, ma fatte in altre circostanze, con altri

---

[1] Il ritorno di Venere ad uno dei suoi nodi non va confuso con la sua rivoluzione sinodica; questa è l'intervallo fra due posizioni in cui Venere e la Terra hanno la stessa distanza angolare, ma ciò accade in punti diversi delle loro orbite. Ben più lunghi sono i periodi i quali riconducono i pianeti e la Terra non solo alla stessa distanza angolare, ma agli stessi punti delle loro orbite. Per questo occorre determinare dopo quanti anni tanto la Terra quanto il pianeta avranno descritto un numero esatto di rivoluzioni di 360°. Ma a ricondurre il Sole, la Terra e Venere in linea retta o quasi, occorrono periodi anche più lunghi.

intenti. La Meccanica celeste è tale un ingranaggio che ogni perfezionamento in qualche elemento ne produce in altri. Ed è così che, in base ad una relazione della Meccanica celeste, dalla parallasse della Luna, dalle masse del Sole, della Terra e della Luna si può dedurre la parallasse solare. Similmente, noto il rapporto fra le distanze della Terra dal Sole e dalla Luna, con facili osservazioni si può avere la parallasse del Sole. Si può anche ottenerla dalla massa di Venere, ecc.

Ogni perfezionamento ottenuto nei valori di questi elementi si tira dietro un perfezionamento nel valore adottato per la parallasse solare.

Qui cade acconcio il farti notare che l'Astronomia è come un'opera di pittore o di scultore, che va avanti a furia di ritocchi. Anzicchè determinare tutto d'un pezzo qualche elemento astronomico, si parte da un suo valore approssimato e in base alle osservazioni più recenti si cerca quali modifiche bisogna arrecare al valore di partenza per meglio rappresentare le osservazioni. In termine algebrico, l'incognita non è per noi la parallasse del Sole, per esempio, ma la piccola correzione da fare al valore già noto. Così quando si saranno eseguite moltissime migliaia di osservazioni del pianeta *Eros* nel 1931, si partirà dal valore 8'',806 per la parallasse del Sole e si cercherà la piccola correzione che rimane da farvi.

LEZIONE XXI

I. Fu certo un gran passo per la scienza il riconoscere l'assurdità del sistema di Tolomeo, che poneva la Terra qual centro dell'universo, facendole girare intorno il Sole, la Luna, i pianeti, le stelle in tante sfere diverse. Ma Copernico non riconobbe la vera natura delle orbite dei pianeti intorno al Sole, ritenendo ancora il movimento circolare e parte dei circoli accessori immaginati dagli antichi. Kepler fece sparire i cerchi con l'enunciare le tre leggi da lui scoperte, poggiate sulle osservazioni dei pianeti eseguite da Tycho-Brahé. Queste leggi le troverai citate in diverse pubblicazioni, per es. nel manuale Hoepli: *Gravitazione;* ma è bene ripeterle qui.

1º I pianeti descrivono ellissi, di cui il Sole occupa un foco.

2º Per ognuno dei pianeti le arce che descrive il raggio vettore scorrendo sul piano dell'orbita sono proporzionali ai tempi impiegati a descriverle.

3º I quadrati dei tempi periodici dei pianeti variano come i cubi delle loro distanze medie dal Sole.

Già ti dissi (*Lezione XX*) che questa 3ª legge è soltanto approssimata, perchè in essa non si tien conto delle masse dei pianeti; adesso aggiungo che neanche le altre due sono rigorose, perchè suppongono i pianeti ridotti a semplici punti materiali. Per esempio la 1ª legge dovrebbe suonare così:

Se supponiamo il Sole ed un solo pianeta in presenza l'uno dell'altro, il centro di gravità del Sole e quello del pianeta descrivono ellissi simili, ma di dimensioni diversissime, aventi per foco il centro di gravità comune del sistema: Sole e pianeta presi insieme.

E per rendere generale questa legge si dovrebbe dire:

Per ogni astro del nostro sistema, supposto esistente solo in presenza del Sole, si avvera che il suo centro di gravità descrive una conica intorno al centro di gravità del sistema: Sole + astro.

Infatti l'ellisse non è la sola curva che può descrivere un astro intorno al Sole. Delle comete, poche descrivono ellissi, la maggior parte percorrono una *parabola,* qualcuna una *iperbole.* Di queste curve non posso parlarti, le studierai all'Università. Mi basterà dirti che esse non sono curve chiuse, come l'ellisse e il cerchio, il quale è un caso specialissimo della ellisse, cioè quello in cui l'eccentricità $e = 0$. Teoricamente nulla si oppone a che un astro descriva esattamente un cerchio intorno al Sole, ma col fatto anche quei pianetini che hanno eccentricità piccolissima non percorrono cerchi perfetti per le perturbazioni, di cui ora ti dirò.

La 1ª legge di Kepler, anche così completata, non è verificata mai, perchè invece di avere un sol pianeta o cometa in presenza del Sole, abbiamo otto pianeti principali e le loro masse non sono a rigore trascurabili rispetto a quella del Sole, quindi la stessa causa (l'attrazione) che produrrebbe il moto di un solo astro in una conica, interviene per modificare quel moto, dando luogo a *perturbazioni* dette pure *ineguaglianze.*

Qui devo avvertirti una volta per sempre che in Matematica niente è trascurabile, considerato in sè; quando si dice *questo è trascurabile,* bisogna sempre

indicare rispetto a che cosa. Spesso in Astronomia ed in tutte le altre scienze di osservazione e misura interviene l'espressione trascurabile, anche senza che sia indicato esplicitamente rispetto a chi. In questi casi bisogna supplire, sottintendere *rispetto al grado di precisione cui ci fermiamo.* L'aggettivo trascurabile ha sempre un senso relativo. Quindi man mano che spingiamo oltre le approssimazioni, accade che quello che era trascurabile in 1ª approssimazione; non lo è in 2ª, e quello che è trascurabile in 2ª approssimazione non lo è più in 3ª. Hai capito?

Dunque: in 1ª approssimazione si ritiene che il Sole sia immobile e che ogni pianeta descriva una ellisse intorno al centro del Sole; ed a questa approssimazione corrispondono osservazioni grossolane con 1, 2, e più minuti di errore, secondo i casi.

In 2ª approssimazione si ha riguardo alla attrazione che i pianeti più grossi e più vicini esercitano sul pianeta in questione, fermandosi a considerare le sole prime potenze delle masse (1). Allora il posto calcolato per un pianeta può accordarsi entro 1′ e anche entro parecchi secondi di arco.

In 3ª approssimazione si ha riguardo alla attrazione anche dei pianeti di minor massa o più lontani, ai quadrati delle masse ed ai prodotti della massa del pianeta in questione per le masse degli altri pianeti. L'approssimazione può giungere allora a 5″.

In 4ª approssimazione si ha riguardo alle potenze superiori delle masse e l'accordo fra il calcolo e l'osservazione può giungere ad 1″ o 2″.

Quello che ho detto delle masse bisogna ripeterlo

(1) Le masse dei pianeti sono piccole frazioni, rispetto a quella del Sole presa per unità; quindi le potenze successive della massa di un pianeta, il prodotto di questa per la massa di un altro sono frazioni anche più piccole.

delle piccolissime inclinazioni dei piani delle orbite dei pianeti alla ecclittica, delle eccentricità delle orbite, ecc. Anche per l'eccentricità (che è una frazione), ecc. si comincia dal trascurarla e poi man mano si ha riguardo alle sue varie potenze.

Per la Luna, nelle più recenti teorie, si è tenuto conto perfino dei termini dell'8^{0} e del 9^{0} ordine, cioè delle potenze 8^{a} e 9^{a} di quantità già piccole.

II. Le *perturbazioni* o *ineguaglianze* degli astri sono deviazioni dalla ellisse, dalla parabola o dall'iperbole, insomma sono scostamenti dalla curva che l'astro descriverebbe se fosse solo in presenza del Sole.

La legge di attrazione o gravitazione si enuncia così: fra due corpi qualunque si esercita una attrazione che dipende dalle loro masse e dalla reciproca distanza, nel modo seguente: per le masse, l'attrazione varia come il loro prodotto, per le distanze essa varia nella ragione del quadrato inverso. Se supponi un pianeta, per esempio Mercurio, ed il Sole, il prodotto dei numeri che esprimono le loro masse è sempre lo stesso, ma invece, girando Mercurio intorno al Sole in una ellisse, non in un cerchio, varia la sua distanza dal Sole e l'attrazione di questo su Mercurio varia come l'inverso del quadrato della distanza.

Noi parliamo di *attrazione*, perchè vediamo i corpi muoversi gli uni verso gli altri, quindi nasce spontaneamente l'idea di misurare l'attrazione col cammino percorso. Lo stesso corpo esposto per un istante, (senza nessuna precedente velocità) successivamente, ma sempre alla stessa distanza, alla attrazione di corpi di massa diversa, percorre, in linea retta, cammini i quali variano in ragion diretta della massa. Se un corpo di massa 1 imprime, ad un altro corpo un'attrazione che gli fa percorrere in un istante un cammino eguale ad 1, un secondo corpo attraente di massa 2, imprimerà un'attrazione che in un istante gli farà percorrere un cammino eguale a 2.

Per una legge generalissima di Meccanica razionale l'azione è sempre eguale e contraria alla reazione; nel caso nostro fra il Sole ed il pianeta si esercita ad una data distanza una attrazione che è eguale dalle due parti ed è data del prodotto delle masse del Sole M e del pianeta m, Mm. Questa attrazione varia come l'inverso del quadrato della distanza r, quindi si esprime con $\frac{Mm}{r^2}$. Essa è eguale nel Sole e nel pianeta, ma l'effetto con cui misuriamo l'entità della attrazione, cioè lo spazio percorso è precisamente l'inverso delle masse, vale a dire che il Sole con la sua massa immensa, si muove pochissimo verso il pianeta, questo che ha massa molto più piccola si muove tanto maggiormente verso il Sole quanto minore è la sua massa. Se il Sole ha massa 300 000 volte maggiore esso muovesi verso il pianeta per uno spazio eguale ad $\frac{1}{300000}$ di quello di cui si muove il pianeta, in un istante, verso il Sole.

Se consideriamo il pianeta Mercurio, esso descrive la sua orbita intorno al Sole, ma Venere, la Terra, Marte, Giove, Saturno intervengono qual più qual meno secondo le rispettive masse e le loro distanze da Mercurio ed, ognuno per parte sua, spostano un poco Mercurio da quella ellisse, in virtù della attrazione che si esercita fra Mercurio ed ognuno di quegli altri pianeti preso isolatamente.

Similmente per calcolare il cammino descritto da Venere, il posto in cui esso trovasi nel tale istante, bisogna aver riguardo non solo alla attrazione del Sole su Venere ma anche a quella degli altri pianeti.

Tu comprendi che il moto di ognuno dei pianeti diventa complicatissimo. Non si tratta di *due corpi* l'uno in presenza dell'altro, ma del problema di *tre corpi:* Sole, pianeta attratto e pianeta perturbante, e questo problema di tre corpi bisogna risolverlo tante volte quanti sono i pianeti perturbanti.

Fino a pochi anni addietro del problema di tre corpi non si era trovata una soluzione teorica, oggi la si possiede, ma è tale la complicazione e la poca praticità della soluzione teorica, che finora e per molti anni ancora, si continuerà a risolvere quel problema col sistema antico delle approssimazioni. Per la pratica, pei risultati, questo importa poco, perchè agli astronomi interessa di poter calcolare per una data remota, nell'avvenire o nel passato, il posto che spetta ad un pianeta, quando si ha riguardo non solo alla attrazione del Sole, ma anche a quella perturbatrice degli altri pianeti. Il problema di tre corpi si risolve, quanto al calcolo, prendendo in esame ad una ad una le azioni di ogni singolo pianeta su quello di cui si vuol fare la teoria, cioè preparare le formole e le tabelle numeriche (comprendenti molte centinaia di pagine) di cui si avvalgono gli astronomi per calcolare il posto del pianeta per un'epoca qualunque.

E se vuoi sapere qual sarebbe il vantaggio di una soluzione teorica invece di una approssimata del problema delle perturbazioni, ti dirò che col metodo attuale si tien dietro ad un pianeta soltanto per due o tremila anni, mentre con una buona e pratica soluzione teorica, si fisserebbe per sempre il cammino di un pianeta, senza restrizioni di tempo. Inoltre, i metodi attuali sono applicabili ai pianeti principali ed a quei pianetini che hanno eccentricità ed inclinazioni piccole; mentre il metodo che (ce lo auguriamo) sarà trovato e ridotto pratico in avvenire, prescinderà da queste restrizioni e sarà applicabile a tutti gli astri.

II. Per darti una idea sommaria, in linguaggio non astruso, del come si calcolino le perturbazioni, ti dirò che se si tratta di far la teoria di un pianeta, si ha riguardo alle perturbazioni *assolute* e *generali*, se poi si vuol seguire per alcuni anni un pianeta (od anche una cometa) si calcolano in modo più facile e spedito

le perturbazioni *speciali*, ossia gli spostamenti per solo quell'intervallo di tempo. Tanto per quelle quanto per queste vi sono metodi diversi, cioè si possono calcolare le correzioni da fare direttamente alle coordinate di un pianeta, come risulterebbero dalle sole leggi di Kepler, oppure calcolare le modificazioni che subisce l'orbita del pianeta e, stabiliti gli elementi dell'orbita che il pianeta percorre nell'istante per cui se ne vuole la posizione, calcolarne le coordinate celesti (λ e β) col metodo ordinario, cioè come se non esistessero perturbazioni.

Questo secondo metodo è più generalmente usato. Con esso si divide l'orbita del pianeta in un gran numero di piccole parti, lungo ognuna delle quali, cioè per breve tempo, si può ritenere che il pianeta si muova in una vera ellisse di Kepler con elementi invariati [1]; quando poi si passa da una parte (o archetto) dell'orbita alla seguente, si aggiungono agli elementi usati lungo la parte che si lascia, le piccole variazioni prodotte dalle perturbazioni, durante il breve tempo abbracciato da quella parte o piccolo arco dell'orbita, e nella parte seguente si suppone che il pianeta si muova in un'orbita ellittica coi nuovi elementi perturbati ossia affetti dalle perturbazioni. E in questo modo si percorrono tutte le parti in cui si è divisa l'orbita, con far variare sempre gli elementi *nel passare da una parte alla seguente* e ritenendo costanti gli elementi *nel corso di ogni parte*. In tal modo il pianeta è supposto muoversi lungo una serie di ellissi, ognuna delle quali differisce poco dalla precedente e dalla seguente, ma non poco dalle ellissi molto lon-

(1) Siamo al caso delle cose trascurabili spiegato innanzi. Pel grado di approssimazione che si vuol raggiungere, si è autorizzati a ritenere praticamente nullo l'effetto delle perturbazioni durante ognuno di quei brevi intervalli, mentre teoricamente non è così.

tane. Quando si tratta di perturbazioni *speciali*, cioè per pochi anni, non vi è la restrizione che l'eccentricità e la inclinazione sieno molto piccole, ma il calcolo diventa più lungo e complicato quando *e* ed *i* sono notevoli.

Se il nostro sistema planetario fosse costituito altrimenti, come sono, ad esempio, molti sistemi di stelle, se per esempio la massa del Sole non fosse immensamente più grande di quella di ognuno dei pianeti, i metodi di approssimazione, di cui si avvalgono gli astronomi, non sarebbero applicabili. Allora la soluzione teorica rigorosa sarebbe la sola accettabile. Quello che ha facilitato il còmpito agli astronomi sono le condizioni favorevoli, singolari del nostro sistema. In questo abbiamo un corpo, diciam così, centrale, il Sole, con una massa così grande che quelle di tutti gli altri pianeti presi insieme non giungono ad $\frac{1}{700}$ della prima.

Inoltre le orbite dei pianeti principali sono quasi distese sull'istesso piano. La massima inclinazione (7^0) ha luogo per Mercurio. Le orbite poi differiscono poco da cerchi e i pianeti le percorrono in uno stesso senso. Finalmente l'azione dei diversi pianeti, considerati come perturbanti, non è molto diversa sul Sole e sul pianeta perturbato, perchè le distanze reciproche dei pianeti presi a due a due non divengono mai molto piccole. Quest'ultimo punto è di grande importanza, perchè si dimostra che le perturbazioni, per le stesse masse del perturbante e del perturbato, variano come l'inverso del cubo delle distanze. Crescendo la distanza, cresce assai più il cubo, e l'inverso di questo è piccolissimo. In ordine a ciò rifletti che il pianeta perturbante interviene a modificare il moto del perturbato intorno al Sole non già attraendo soltanto questo, ma attraendo anche il Sole. Se l'attrazione

del perturbante sul perturbato e sul Sole fosse eguale e diretta nello stesso senso, la perturbazione sarebbe nulla, perchè non modificherebbe la posizione relativa del Sole e del perturbato: quindi l'azione del perturbante in tanto è sensibile in quanto è diversa sul Sole e sul perturbato. Ora accade questo, che l'azione dei pianeti in quanto perturbanti è piccola, ora perchè la loro massa è quasi evanescente rispetto a quella del Sole, ora perchè è grande la loro distanza dal Sole e dal perturbato.

Per esempio, per Mercurio, Venere e Marte si avvera che si avvicinano notevolmente alla Terra, ma la massa di questa (♁ + ☾) è appena $\frac{1}{329000}$ di quella del Sole. Invece le masse di Giove, di Saturno, di Urano e Nettuno sono notevolmente più grandi di quella della Terra, ma rimangono sempre a grande distanza dai pianeti che perturbano. Se al posto della Terra si trovasse Giove, che ha massa 318 volte più grande, le cose andrebbero ben altrimenti per Mercurio, Venere e Marte, che subirebbero perturbazioni enormi.

Dunque le condizioni che ora ti ho spiegate rendono applicabili i metodi di approssimazione nel calcolo delle perturbazioni.

IV. Qui si presenta una distinzione. Per fissare le idee, prendiamo Mercurio e la Terra. Il primo compie una rivoluzione intorno al Sole in 88 giorni, l'altra in 365. Tu comprendi che, mentre la Terra procede lentamente nella sua orbita, Mercurio percorre la sua rapidamente, facendo più di quattro giri mentre la Terra ne fa un solo [1]. Se dunque in un'epoca Mer-

[1] La rapidità del moto di alcuni pianeti in quanto perturbati, rispetto al moto degli altri in quanto perturbanti, fa sì che quelli sfuggano presto all'azione perturbatrice, la quale se si protraesse a lungo produrrebbe ineguaglianze più considerevoli.

curio si trova fra la Terra e il Sole, dopo 58 [1] giorni Mercurio si troverà dietro al Sole, e dalla stessa parte rispetto alla Terra. La distanza fra i due pianeti nelle due epoche è molto differente; ma dopo circa 116 giorni Mercurio e la Terra si troveranno rispetto al Sole, in posizione quasi eguale alla prima. Durante questo periodo, alcune delle ineguaglianze di Mercurio avranno preso tutti i valori possibili, positivi e negativi, cioè valori a due a due eguali e di segno contrario, e queste perturbazioni si saranno annullate; la loro somma si ridurrà quasi a zero.

Però, sia per essere le orbite dei pianeti non veri cerchi, ma ellissi più o meno eccentriche, sia per essere i loro piani più o meno inclinati alla ecclittica, è evidente che quando i due pianeti sono tornati alla stessa posizione rispetto al Sole, non si trovano sulle loro orbite nelle identiche condizioni di distanza, ecc. Tornando a Mercurio, se nella prima congiunzione (inferiore) col Sole esso trovavasi vicino al perielio della sua orbita, dopo 116 giorni esso si troverà bensì nuovamente in congiunzione inferiore col Sole, ma non al suo perielio. E se la prima volta trovavasi in un Nodo dell'orbita, dopo 116^d non si troverà più vicino a quel Nodo. Ne nasce una disuguaglianza nel posto dei due pianeti sulle rispettive orbite la prima e la seconda volta, e per questo l'attrazione del perturbante sul perturbato non è identica nei due casi. In conclusione, l'effetto di alcune altre perturbazioni non si compensa completamente ad ogni rivoluzione sinodica, vi si richiede un periodo più lungo.

Tutte quelle perturbazioni che dipendono dal posto relativo dei pianeti sulle rispettive orbite e si annullano dopo periodi di tempo di non moltissimi anni,

---

(1) È la metà della sua rivoluzione sinodica.

vengono sotto il nome di ***perturbazioni periodiche.*** Le formole che le esprimono non tengono per fattore dei piccoli spostamenti (in secondi di arco), il tempo, in modo che crescendo questo, l'entità della perturbazione aumenti continuamente coi secoli. Sono perturbazioni cicliche, che si annullanno per es. in 40 o 50 anni.

Invece esistono perturbazioni le quali non si annullano totalmente e nemmeno in parte col ritorno del perturbante e del perturbato agli stessi posti sulle loro orbite, e questo dipende specialmente dacchè queste non sono simmetricamente disposte rispetto al Sole. Le perturbazioni periodiche hanno loro origine nelle posizioni dei pianeti sulle loro orbite, queste altre dipendono in gran parte dalla situazione delle orbite stesse, e non si annullano in tutto e nemmeno in parte dopo un ciclo che riconduca i pianeti agli stessi posti sulle loro orbite. La parte non annullata, il residuo delle perturbazioni dopo un ciclo, o la perturbazione tutta quanta durante un ciclo, si unisce al residuo o alla nuova perturbazione dopo un secondo ciclo, dimodocchè siffatte perturbazioni vanno accumulandosi coi secoli, e diconsi perciò ***secolari.*** Le loro espressioni hanno il tempo come fattore esplicito.

Un esempio delle perturbazioni secolari tu l'hai veduto nella accelerazione del moto medio della Luna, accelerazione che continuerà per migliaia di anni, perchè dipende dalla variazione della eccentricità dell'orbita terrestre, che va diminuendo e continuerà a diminuire per altri 23000 anni. In fondo le perturbazioni secolari sono anch'esse periodiche, ma il loro ciclo è lunghissimo.

Possiamo dire che le perturbazioni periodiche, nel loro insieme, formano una specie di movimento oscillatorio intorno ad uno stato medio, il quale però varia di poco e lentamente per effetto delle perturbazioni

secolari. L'ammontare di queste in ogni anno è piccolissimo, ma, anche accumulandosi per secoli, le perturbazioni secolari non giungono a cambiare l'aspetto generale del nostro sistema solare. Un esempio ne hai avuto nella inclinazione del piano dell'orbita della Terra all'equatore della stessa, inclinazione che adesso diminuisce di 0",47 ogni anno, ma in tutto non oscilla che fra 22^0 e 25^0 tutt'al più. È lo stesso della eccentricità la quale oscilla fra 0,0067 e 0,0503.

Quanto poi alle perturbazioni secolari, che modificano la posizione della linea apsidale e della linea dei Nodi, esse, per tutti i pianeti, sono piccolissime ogni anno, ma si accumulano fino a far compiere a quelle linee un giro di 360^0; però questi spostamenti non cambiano l'aspetto generale del nostro sistema, il quale è caratterizzato non dalla posizione di quelle linee sibbene dai piccoli valori di i e di e, dalle distanze medie attuali a, dalle masse del Sole e dei pianeti. Queste ed a non cambiano affatto coi secoli; i ed e variano pochissimo.

V. Una osservazione essenziale è quella accennata or ora circa l'invariabilità degli assi maggiori [1] delle orbite dei pianeti. Quegli assi subiscono soltanto piccole variazioni periodiche ma non secolari; sicchè anche dopo milioni di secoli, se non intervengono altre cause che quelle conosciute, le distanze medie dei pianeti dal Sole rimangono le stesse che attualmente. Questo è un punto essenziale per la stabilità del sistema solare, perchè l'influsso delle variazioni della distanza sulle perturbazioni è più notevole di quello delle variazione degli angoli (eccentricità ed inclinazioni), essendo che la forza perturbatrice varia come l'inverso del cubo della distanza. Tu com-

(1) Invece gli assi minori variano, perchè l'eccentricità $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$ varia; se a è costante, deve variare b.

prendi che se, per es. la distanza di Venere dal Sole crescesse ogni anno di quantità non evanescente, e per molte centinaia di secoli, questa variazione notevole prodotta nella sua distanza dalla Terra aumenterebbe d'assai le perturbazioni già notevoli che quel pianeta subisce specialmente dalla Terra e similmente crescerebbero le perturbazioni prodotte da Venere sulla Terra.

In generale, le orbite dei pianeti che oggi si avvolgono l'una all'altra potrebbero finire con intrecciarsi, con aumento enorme delle perturbazioni, e quindi la stabilità del nostro sistema potrebbe esserne compromessa; ma ad ogni modo, variando molto le distanze, l'aspetto generale del nostro sistema ne resterebbe mutato. Quanto ad un possibile scontro fra pianeti con orbite intrecciantisi, non ci sarebbe da preoccuparsene molto. L'esempio di parecchi pianetini, le orbite dei quali s'intrecciano senza che accada scontro alcuno conferma quello che del resto insegna il calcolo delle probabilità, cioè la estrema improbabilità di uno scontro siffatto.

Se però le distanze medie diminuissero o aumentassero ogni anno di quantità non evanescenti, dopo migliaia di secoli di diminuzione o di aumento, i pianeti potrebbero finire col precipitarsi sul Sole nel primo caso, con l'allontanarsene per sempre nel secondo.

In conclusione: le variazioni delle inclinazioni e le eccentricità rimangono sempre comprese entro stretti limiti, gli assi maggiori non variano affatto; queste condizioni assicurano per sempre (se non intervengono cause imprevedute) la stabilità del nostro sistema solare.

VI. Fra le perturbazioni periodiche e le secolari bisogna mettere le *perturbazioni a lungo periodo*. Queste si presentano quando i numeri che indicano per una data unità di tempo i moti propri del perturbato e del perturbante sono commensurabili fra loro.

Ricorderai che il periodo il quale riconduce due pianeti non solo alla stessa distanza angolare dal Sole, ma anche agli stessi punti delle loro orbite rispettive è dato da un numero di anni tale che, durante esso, l'uno e l'altro pianeta percorrano un numero esatto di volte 360°, ossia un lasso tale di tempo che, durante esso, ognuno dei pianeti abbia compiuto un numero esatto di rivoluzioni (*Lezione XX*). Ora questo periodo dipende dal *rapporto* dei moti medî dei due pianeti, mentre il periodo molto più breve della rivoluzione sinodica dipende dalla *differenza* fra i loro moti medî. Se un pianeta ha un moto medio eguale a $^2/_3$ di quello di un altro, il tempo che impiega il primo a compiere 2 rivoluzioni è eguale a quello che il secondo impiega a compierne 3, sicchè dopo 2 rivoluzioni del primo e 3 del secondo, essi si troveranno negli stessi punti delle orbite rispettive. Dunque se esistessero pianeti con moti proprî esattamente commensurabili, le ineguaglianze periodiche si compenserebbero completamente e rimarrebbero le secolari, le quali sono indipendenti dalla posizione dei pianeti sulle loro orbite e provengono sopratutto dacchè le orbite non sono simmetriche rispetto al Sole.

Ma se fra i moti medî di due pianeti esiste una commensurabilità approssimata, a capo a quel certo periodo i pianeti non sono tornati esattamente alle identiche posizioni sulle loro orbite, certe perturbazioni periodiche non sono esattamente annullate e si manifesta un residuo di perturbazioni. Questi residui andranno accumulandosi ogni volta che si completa quel periodo, finchè le posizioni dei pianeti sulle rispettive orbite saranno notevolmente diverse da quelle occupate da principio, e l'effetto di questa perturbazione comincerà a distruggersi. Siffatte perturbazioni si dicono a *lungo periodo*.

Per esempio, i moti medî di Venere e della Terra

sono fra loro presso a poco nel rapporto di 8 a 13. Questo fa sì che dopo 13 rivoluzioni di Venere ed 8 della Terra questi pianeti si troveranno non esattamente all'istesso posto sulle rispettive orbite in modo da annullare totalmente le perturbazioni (che sarebbero allora a breve periodo) sicchè ne rimane qualcosa; a capo ad altri 8 anni Venere e la Terra si troveranno (ma con minore approssimazione di prima) alla stessa posizione sulle orbite rispettive, e rimarrà delle perturbazioni qualcos'altro che si aggiungerà alla entità di prima; ma dopo 56 anni, per es. Venere e la Terra si troveranno così lontani dalle primitive posizioni, che le perturbazioni accumulatesi potranno cominciare a diminuire.

Un altro esempio, più celebre, è quello di Giove e Saturno. Cinque rivoluzioni di Giove formano 21 663 giorni, mentre due di Saturno ne formano 21 518. La differenza di 145 giorni è piccola rispetto al cammino che ognuno di essi percorre nell'orbita. Dunque dopo quel numero di giorni (che fa circa 59 anni) i due pianeti si ritroveranno a poca distanza dalle posizioni primitive. Le ineguaglianze a breve periodo si saranno compensate, ma non rigorosamente, e la differenza, il residuo delle perturbazioni, riceverà un nuovo aumento a capo a 59 anni, quando i due pianeti saranno tornati, con minore approssimazione che dopo i primi 59 anni, alle posizioni primitive. Ma dopo 400 o 500 anni, lo scostamento sarà tale che le perturbazioni invece di aumento riceveranno diminuzione. Il periodo di questa ineguaglianza è di circa 900 anni. L'entità di questa ineguaglianza si eleva a 20′ sulla longitudine di Giove ed a 50′ su quella di Saturno; sicchè in date condizioni la distanza dei due pianeti (calcolata senza avere riguardo a questa ineguaglianza a lungo periodo) può giungere ad 1°.10′.

Tu vedi che si tratta di effetti notevolissimi.

Un altro caso singolare si presenta per Giove e quattro pianetini, i quali hanno moto medio diurno più o meno vicino a quello di Giove che è di 299",13. Ma in questo caso la Meccanica celeste dimostra che per una relativa stabilità del sistema, le distanze d Giove dal Sole e dal pianetino devono essere quasi eguali. E col fatto quei pianetini vennero scoperti in queste condizioni. Però le inclinazioni di quei pianeti sono diverse, sicchè quei triangoli quasi equilateri (Sole, Giove, pianetino) non coincidono.

Un'ultima parola sulla stabilità del sistema solare. In siffatta materia tieni a mente questo principio. Data l'antichità dell'universo, tutte le possibili disposizioni e situazioni relative dei diversi pianeti si sono verificate; quello che doveva accadere in fatto di modifiche è accaduto. Nello stato attuale rimangono, sussistono quei soli astri che potevano sfuggire a possibili cataclismi.

LEZIONE XXII

I. Più volte ho nominato i pianetini detti anticamente *asteroidi*. Essi sono corpi celesti della stessa forma e natura dei pianeti maggiori, ma di gran lunga più piccoli, quantunque fra essi stessi ve ne sieno di più grossi e di più piccoli. *Vesta*, il più grande di tutti, ha un diametro di 772 km. cioè circa la 17ª parte di quello della Terra, mentre *Hamiltonia* giunge appena a 10 km. *Vesta*, alla sua distanza media dalla Terra ha lo splendore di una stella di 6ª grandezza e può essere veduto ad occhio nudo; i più piccoli pianetini sono finora della 14^a o 15ª grandezza, e si possono osservar soltanto con potenti cannocchiali o meglio col metodo fotografico.

Da principio si credette che i pianetini provenissero dalla disgregazione di un antico pianeta, che si voleva ammettere come esistito primitivamente, a fine di colmare la lacuna fra Marte e Giove; ma oggi questa ipotesi è abbandonata. I pianetini sono per la maggior parte compresi fra l'orbita di Marte e quella di Giove; ma alcuni escono fuori di questi limiti.

Per poter determinare un'orbita ellittica di un pianetino, occorrono almeno tre osservazioni complete, cioè 3 ascensioni rette e 3 declinazioni; per un'orbita circolare basterebbero 2 osservazioni, ma nella maggior parte dei casi, un'orbita circolare darebbe una

troppo grossolana approssimazione. Di circa 800 pianetini si hanno oggi (1916) le orbite; ma di molti altri si posseggono osservazioni isolate, insufficienti al calcolo di un'orbita. Le eccentricità delle loro orbite sono, in generale, più grandi di quelle dei pianeti principali, giungendo per qualcuno fino a 0,35. Similmente le inclinazioni di $10^0, 15^0$ e più sono frequenti; *Pallade* ha $34^0,7$ di inclinazione.

I più vicini a noi hanno un tempo periodico di 2 anni terrestri, mentre i più lontani vanno fino a 12 anni.

Il padre Piazzi, celebre astronomo italiano, facendo in Palermo osservazioni sistematiche di stelle, scoprì il primo dei pianetini nella notte precedente il 1^0 gennaio 1800 e lo chiamò *Cerere*. Molti ne scoprì l'italiano De Gasparis nella prima metà del secolo XIX; ma in seguito si distinsero maggiormente gli stranieri in siffatte ricerche, specialmente il francese Charlois ed il tedesco Max Wolf, i quali impiegarono il metodo fotografico. Te ne dirò una parola.

Esposta al cielo una lastra sensibilissima messa al posto dell'oculare in un cannocchiale equatoriale *(Lezione XXIII)* avente obbiettivo adatto alla fotografia celeste; impresso al cannocchiale un moto sincrono a quello della sfera celeste, le stelle (che sono fisse sulla volta celeste) lasceranno dopo qualche tempo per traccia, per immagine, sulla lastra semplici punti, mentre il pianetino (è lo stesso per le comete) avendo moto proprio notevolissimo, si sposterà durante i 20^m o 30^m della esposizione, e lascerà un piccolo tratto, invece di un punto, quale immagine del cammino apparente da esso percorso sulla sfera celeste. In questo modo si distinguono in cielo i pianetini dalle stelle. La posizione misurata sulla lastra si cambia poi in coordinate celesti α e δ, e si capirà da essa se si tratta di un pianetino nuovo o di un antico.

II. La massa dei pianetini, anche presi tutti insieme è ben poca cosa, quindi l'azione attrattiva dell'uno sull'altro è minima. Similmente l'azione di tutti i pianetini sopra uno di loro è nulla, essendo essi distribuiti lungo tutta una zona, ossia anello.

Dicemmo che per calcolare gli elementi dell'orbita di un pianetino occorrono tre osservazioni complete, cioè per tre istanti occorrono le α e le δ corrispondenti osservate dalla Terra. Se le osservazioni abbracciano un piccol numero di giorni, l'orbita sarà grossolanamente approssimata; essa però permetterà, meglio che un'orbita circolare, di seguire l'astro di recente scoperto, di ritrovarlo cioè per parecchie sere successive per continuarne le osservazioni. Con un maggior numero di queste l'orbita si otterrà con precisione maggiore; ma se le osservazioni si estendono a parecchi mesi o appartengono a diverse opposizioni [1], bisogna allora avere riguardo alle perturbazioni (speciali), se si vuol giungere ad un'orbita esatta; ciò perchè soltanto per breve tempo si può ritenere che il pianetino rimanga sopra un'orbita ellittica immutata.

Dopo osservazioni eseguite in parecchie opposizioni, si può calcolare l'orbita definitiva di un pianetino. Con questa, se e ed i non sono molto grandi, si può calcolarne, coi metodi ordinarî e senza molte complicazioni nei calcoli, le perturbazioni generali *(Lezione XXI)*, che ne assicurano la teoria. Siffatto lavoro è stato eseguito per un centinaio di pianetini e coi metodi più diversi. Con queste perturbazioni generali si ottiene il posto del pianetino entro 1′ o 2′ o anche con minor precisione; ma l'essenziale è di non smarrirli.

---

[1] Perchè i pianetini si osservano di preferenza nelle opposizioni, quando sono a noi più vicini e quindi più lucidi, più facilmente visibili.

Si può anche fare il càlcolo delle perturbazioni speciali di anno in anno o di opposizione in opposizione, ed allora, se gli elementi dell'orbita sono molto corretti, si può prevedere il posto del pianetino entro 10" o 15". Esistono altresì Tabelle numeriche estesissime per facilitare il calcolo delle perturbazioni pei pianetini.

III. Per calcolare una prima orbita per una cometa scoperta di recente occorrono altresì tre osservazioni; siccome però le prime orbite si ritengono tutte quali parabole, e per un'orbita parabolica occorrono soltanto cinque dati, essendo cinque gli elementi da determinarsi perchè l'eccentricità è nota (essendo eguale sempre ad 1) le tre ascensioni rette e le tre declinazioni corrispondenti alle tre osservazioni forniscono un dato di più dello strettamente necessario. Questo fornisce un controllo ossia una verifica del grado di attendibilità dell'orbita calcolata.

Anche per le comete, onde averne un'orbita esatta, si moltiplicano le osservazioni ed, occorrendo, si tien conto delle perturbazioni. Siccome le comete spesso si avvicinano molto ai pianeti principali, ne subiscono notevoli perturbazioni, fino ad averne l'orbita modificata di molto, per es. col divenire da parabolica, ellittica. Le comete, sensibilissime alla azione dei pianeti maggiori perchè spesso vi si avvicinano assai, offrono uno dei migliori metodi per determinare la massa di questi.

Le comete con orbita parabolica, teoricamente non dovrebbero ritornare più nel nostro sistema, quelle invece con orbita ellittica devono tornare dopo un periodo di pochi o molti anni. I periodi delle comete vanno da anni 3,3 a 300, 400, 800 anni. Devo però dirti che di appena 22 comete periodiche è stato osservato il ritorno. Per le altre, che avrebbero dovuto tornare e non si videro, ciò si spiega o perchè si ri-

presentarono in condizioni sfavorevoli per la riosservazione, o perchè l'orbita fu radicalmente cambiata dalle perturbazioni ([1]), o infine perchè le comete si disgregarono nell'intervallo fra la prima apparizione e la seconda che si aspettava.

La massa delle comete è piccolissima; fra l'altro lo si vede da ciò che esse non spiegano alcuna azione perturbatrice sugli altri astri, ancorchè vi passino vicinissimo. Quindi lo strascico della coda, la quale si manifesta soltanto quando sono vicine al Sole ha più apparenza che sostanza.

L'orbita delle comete si riferisce al centro del loro nucleo, sul quale portano le osservazioni di ascensione retta a declinazione, nucleo che rimane solo dopo che la cometa è passata nelle vicinanze del Sole. Le comete non hanno tutte un movimento diretto; parecchie di esse si muovono in senso retrogrado; però oggi si usa di prendere la inclinazione del piano dell'orbita alla ecclittica da 0^0 a 180^0, non restringendosi più fra 0^0 e 90^0 come in passato, e con questa estensione nell'ampiezza della inclinazione tutte le comete risultano con moto diretto.

Similmente se pei satelliti di Urano, di Nettuno ecc. e in generale per tutti gli astri che hanno moto retrogrado si toglie la limitazione di i compreso fra 0^0 e 90^0, tutti i moti diventano diretti.

IV. Riunisco in un quadro alcuni degli elementi dell'orbita per le comete periodiche di cui fu osservato il ritorno, omettendo la longitudine del perielio e quella del Nodo, che, generalmente, interessano poco i profani. Sicchè nel quadro seguente sono dati:

1^0 l'*epoca* del passaggio al perielio;

2^0 la *distanza perielia*, cioè la minima distanza

([1]) Ma questo può verificarsi mediante il calcolo.

cui la cometa si trova dal Sole, prendendo per unità la distanza media: Terra-Sole;

3° l'*eccentricità*;

4° l'*inclinazione*;

5° la durata della rivoluzione siderea, che sopra tutto interessa ai dilettanti. Gli elementi son dati nel quadro con approssimazione, quindi per l'inclinazione è inutile indicare la posizione dell'equinozio (con la quale è connessa quella della ecclittica) cui si riferisce.

Di questi 5 elementi uno è dato per un dippiù, la *distanza perielia;* invece per le orbite paraboliche la distanza perielia è un elemento essenziale, perchè è connessa con l'*anomalia vera* e permette di assegnare il posto che compete alla cometa, come lo permette il moto medio per le comete periodiche. Di queste e di tutte le altre la data del passaggio al perielio tien luogo dell'anomalia media (che si dà pei pianeti) perchè si sa che nel passaggio al perielio l'anomalia media è eguale a zero. La durata della rivoluzione tien luogo della distanza media del Sole, perchè è connessa con quella.

ELEMENTI DELLE COMETE PERIODICHE DI CUI FU OSSERVATO IL RITORNO (1)

NOME	T passaggio al perielio (in tempo medio di Parigi)	q distanza perielia	e eccentricità	Durata della rivoluzione siderea	i inclinazione
				an	
1. *Encke*	1911 Agosto . 19.035	0,3385	0,8473	3,299	12°35′
2. *Tempel*	1910 Febbraio . 8,122	1,3226	0,5728	5,173	12 45
3. *Brorsen*	1890 Febbraio . 24,105	0,5878	0,8103	5,456	12 24
4. *Tempel – L. Swift* .	1908 Ottobre . 4,528	1,1532	0,6378	5,681	5 27
5. *Winnecke*	1909 Ottobre . 9,030	0,9725	0,7019	5,892	18 17
6. *De Vico – E. Swift*.	1901 Febbraio . 13,678	1,6696	0,5157	6,400	3 35
7. *Perrine*	1909 Ottobre . 31,834	1,1727	0,6617	6,454	15 41
8. *Tempel*	1898 Ottobre . 3,981	2,0911	0,4019	6,538	10 47
9. *Finlay*	1913 Febbraio . 6,01	1,0075	0,7155	6,664	3 23
10. *D'Arrest*	1910 Settembre 16,052	1,2700	0,6369	6,542	15 47
12. *Wolf*	1912 Febbraio 23,723	1,5871	0,5580	6,804	25 16
13. *Holmes*	1906 Marzo . . 14,168	2,1217	0,4122	6,857	20 49
14. *Borelly*	1911 Dicembre 18,00	1,4026	0,6141	6,930	30 26
15. *Brooks*	1911 Gennaio . 8,356	1,9630	0,4689	7,105	6 4
16. *Faye*	1910 Novembre 1,468	1,6552	0,5656	7,438	10 36
17. *Tuttle*	1912 Ottobre . 28,411	1,0278	0,8055	12,149	55 0
18. *Pons-Brooks*	1884 Gennaio . 25,424	0,7757	0,9550	71,56	74 3
19. *Olbers*	1887 Ottobre . 8,485	1,1991	0,9311	72,65	44 34
20. *Halley*	1910 Aprile. . 20,11	0,5872	0,9673	76,02	162 13
21. *Westphal*	1913 Novembre 26,607	1,2624	0,9186	61,12	42 33

(1) Omettiamo la cometa di Biela che è andata in frantumi ed altre due, di orbita non pienamente accertata.

(2) Le comete sono ordinate secondo la lunghezza del loro periodo.

LEZIONE XXIII

I. Parlando delle posizioni degli astri, finora abbiamo fatto astrazione dell'involucro aeriforme che avvolge tutta la Terra, cioè dell'atmosfera. Ora, pel fenomeno della rifrazione che studierai in Fisica, ogni raggio luminoso proveniente dallo spazio astrale, se non giunge proprio perpendicolarmente alla superficie dell'atmosfera viene da questa deviato, cioè fa il suo cammino attraverso l'atmosfera in direzione diversa da quella con cui vi è entrato, avvicinandosi alla perpendicolare alla superficie dell'atmosfera nel punto in cui l'ha colpita; e finalmente giunge all'occhio dell'osservatore secondo una direzione che forma con la primitiva un angolo, chiamato *angolo di rifrazione*. Esso è massimo per un raggio parallelo all'orizzonte, va diminuendo man mano che il raggio s'innalza avvicinandosi alla verticale, ed è nullo, come ti dissi, per un raggio che passa per lo zenit, cioè che colpisce perpendicolarmente l'atmosfera.

Poggiandoti su quello che ti ho detto per un raggio solo, comprenderai che il Sole, la Luna, i pianeti appariscono più alti sull'orizzonte che nol siano realmente, poichè la rifrazione ne avvicina le immagini alla perpendicolare all'atmosfera, sollevandole sull'o-

rizzonte. Per un astro che spunta all'orizzonte, quindi a 90° dallo zenit, la rifrazione è di circa 36'; e come i diametri apparenti del Sole e della Luna giungono appena a 32', ne risulta che quando ne vediamo sorgere le immagini (sopra un orizzonte affatto libero) perchè il loro lembo inferiore lambisce la linea dell'orizzonte, in quell'istante effettivamente il Sole e la Luna stanno interamente sotto a questo, e noi ne vediamo le immagini pel solo fenomeno della rifrazione.

Rifletti adesso ad alcune conseguenze del diminuire che fa la rifrazione con l'altezza degli astri sull'orizzonte. Il lembo inferiore della immagine del Sole (o della Luna) mentre sta vicino all'orizzonte è affetto da rifrazione maggiore che non il centro; invece il lembo superiore è affetto da rifrazione minore del centro. Ne segue che il lembo inferiore vien sollevato più che non lo sia il centro, quindi è avvicinato a questo, mentre il lembo superiore vien sollevato meno del centro, sicchè rimane più vicino ad esso. Segue da ciò che il disco del Sole (o della Luna) all'orizzonte apparisce un po' schiacciato, di forma ellittica, con l'asse maggiore parallelo all'orizzonte. Le fotografie da noi prese qui del Sole all'orizzonte mostrano in modo evidente questo fenomeno, che non è una illusione ottica, come quella dell'apparente ingrandimento degli astri all'orizzonte.

Un'altra conseguenza è che, a partire dallo zenit, le immagini delle stelle sono sollevate sempre più, ovvero che dall'orizzonte in sopra sono sollevate sempre meno, donde un raggrupparsi delle immagini degli astri dall'orizzonte in sopra. Le immagini delle stelle che sono all'orizzonte vengono sollevate più di quelle di stelle a 2° di altezza; queste più di quelle che stanno a 10°, ecc. Le immagini di tutte le stelle rimangono così innalzate, ma il raggruppamento è più notevole a poca distanza dallo zenit.

II. Non vorrei che tu confondessi il fenomeno della rifrazione con quell'altro che presentano gli astri all'orizzonte, e per cui le loro immagini sono amplificate. Il Sole, la Luna, le costellazioni assumono apparenze più vistose, più ampie all'orizzonte, mentre pel Sole e per la Luna tu sai che all'orizzonte sono più lontani dall'osservatore per quanto è un raggio del globo terrestre. Or come accade il contrario, che cioè all'orizzonte gli astri ci appaiono più grandi?

Ti dissi già che si tratta di una illusione ottica, di una pura apparenza. Infatti, mentre lo schiacciamento delle immagini del Sole (e della Luna) all'orizzonte dovuto alla rifrazione può constatarsi con misure, con fotografie, ecc., quell'ingrandimento di cui ora parliamo non risulta affatto nelle misure, nelle fotografie, ecc. Se gli astri all'orizzonte si guardano con un cannocchiale, sparisce quell'ingrandimento.

Trattasi dunque di un fenomeno puramente fisiologico, pel quale la volta celeste sembra a noi schiacciata allo zenit, allungata all'orizzonte, per modo che uno stesso oggetto se è veduto all'orizzonte segna col suo contorno sulla volta allungata una immagine più grande. In fisiologia poi si dànno tanti esempi di rettifiche che un osservatore fa con l'intelligenza ai dati dei sensi. Se tu vedi un gatto camminare lungo il comignolo di un tetto e per isbaglio lo prendi per un animale più grande, poniamo per un grosso cane, convinto come sei che si tratta di un oggetto più grosso del gatto, chè ti apparisce più piccolo, tu concluderai istintivamente che quel tetto è molto lontano. Viceversa se prendi un cane per un gatto concluderai che quel tetto è più vicino. Ora, per gli astri che guardiamo verso lo zenit manca qualunque punto terrestre di riferimento, una illusione non è possibile; mentre per gli astri all'orizzonte vi sono gli oggetti terrestri lontani, per es. colline, montagne, nuvole

basse, ecc.; sicchè paragonando noi l'immagine della Luna a quelle di questi oggetti terrestri e sapendola molto più lontana di essi, siamo indotti ad esagerarne la grandezza quando la vediamo all'orizzonte, rispetto a quella che ci apparisce quando la Luna è molto alta.

III. L'angolo di cui è sollevata l'immagine di un astro per la rifrazione, l'entità della rifrazione per una data altezza varia al variare della temperatura e della pressione atmosferica, pressione che, come tutti sanno, si misura col barometro. Al crescere della temperatura diminuisce la rifrazione, questa invece aumenta al crescere della pressione. Gli astronomi con apposite Tabelle correggono dalla rifrazione le osservazioni di posizione da loro fatte sugli astri, e per ciò durante le osservazioni di declinazione con istrumenti meridiani leggono più volte il barometro ed il termometro, questo più frequentemente perchè la temperatura, specialmente di sera, varia più rapidamente della pressione.

Se invece si tratta di osservazioni di ascensioni rette, mediante i tempi dei passaggi al meridiano, l'effetto della rifrazione è nullo, perchè essa solleva le immagini degli astri nel piano perpendicolare all'orizzonte (piano in cui si trovano) ma non le devìa da questo piano; trattandosi quindi di passaggi pel meridiano, il quale al tempo stesso è un piano perpendicolare all'orizzonte ed è un piano orario, la rifrazione non fa uscire l'immagine dell'astro dal piano del meridiano, non ne fa variare l'ora del passaggio e l'ascensione retta.

IV. In generale ti ho parlato quasi sempre di osservazioni fatte in meridiano con istrumenti chiamati appunto *meridiani*, ma adesso voglio colmare una lacuna e ti condurrò a visitare qualcuno dei padiglioni degli equatoriali. Questi istrumenti, ordinariamente,

non hanno le modeste proporzioni di quelli che servono per osservazioni in meridiano o nel primo verticale [1]. Evvi un gran pilastro, sul quale è adagiato un asse di acciaio, robustissimo, disposto nel piano meridiano e diretto con una delle sue estremità al polo Nord con l'altra al polo Sud; è l'asse polare del cannocchiale equatoriale. Quest'asse è girevole mediante un movimento di orologeria regolato in modo che l'asse faccia un giro di 360° nell'istesso tempo che impiega la Terra a compiere una rotazione intorno al suo asse. Questo fa sì che una retta qualunque, la quale faccia un dato angolo con l'asse geometrico intorno a cui gira l'asse materiale (di acciaio) e sia diretta ad un punto del cielo, al girare dell'asse materiale, conservando essa sempre lo stesso angolo con l'asse geometrico, gira anch'essa descrivendo un cono che ha il vertice sull'asse e per base un parallelo della sfera celeste.

Ora, per la rotazione apparente della sfera e per la effettiva rotazione della Terra, le stelle descrivono paralleli su detta sfera; quindi, se la retta considerata incontra una stella, nel muoversi dell'asse non cesserà di essere diretta a quella. Se dunque invece di quella retta colleghiamo e fissiamo un cannocchiale all'asse che gira, la visuale diciam così (è l'asse ottico) del cannocchiale sarà certamente diretta alla stella. Le ore trascorreranno, l'asse girerà, ma l'astronomo che ha l'occhio a quel cannocchiale avrà sempre la stella nel campo di questo.

Nei cannocchiali ordinarî, se puntiamo un astro e fissiamo il cannocchiale in quella posizione, dopo breve

---

[1] Chiamasi *primo verticale* il piano verticale perpendicolare al meridiano. Esso passa quindi per lo zenit e pei punti E ed W. (*Lezione VI*).

tempo [1] l'astro è uscito dal campo, perciò onde continuare a veder l'astro, occorre muovere spesso il cannocchiale seguendo l'astro stesso. Invece negli equatoriali il cannocchiale segue automaticamente gli astri, i quali rimangono sempre nel campo; così l'astronomo ha le mani libere e può servirsene per muovere manubrî, viti, per prendere appunti, ecc....

Se il cannocchiale è diretto al polo Nord, naturalmente questo sta sempre nel campo; se è diretto all'equatore celeste, l'asse del cannocchiale dev'essere perpendicolare all'asse che gira (asse polare) e la visuale descrive sulla sfera un circolo massimo, l'equatore.

Mentre gl'istrumenti meridiani permettono di osservare gli astri soltanto nell'ora in cui vi passano, gli equatoriali permettono di osservare gli astri dovunque si trovino. Conosciute le coordinate α e δ, con la prima e con l'orologio a tempo sidereo si ha il circolo orario sul quale essi si trovano, si conosce l'angolo che questo circolo fa col meridiano e quindi si può puntare il cannocchiale in modo che si trovi nel piano di quel circolo. La declinazione poi dice a quale distanza dall'equatore bisogna situare il cannocchiale. Ora ogni equatoriale ha due cerchi, l'uno diviso in 24 ore [2], col piano perpendicolare all'asse polare dell'istrumento quindi parallelo al piano dell'equatore celeste, e con questo si situa il cannocchiale nel circolo orario dell'astro; l'altro cerchio ha il piano parallelo all'asse polare, quindi perpendicolare al piano dell'equatore e su di esso si cerca la lettura che corrisponde alla δ dell'astro. In tal modo si rinviene un astro che non

(1) Ammenochè si tratti di astri molto vicini al polo, nel qual caso possono rimanere mezz'ora e più nel campo, se l'ingrandimento è moderato.

(2) Le ore sono suddivise.

sia visibile ad occhio nudo. Per gli astri come il Sole, la Luna, i pianeti principali si può avvalersi del cercatore, il quale è un piccolo cannocchiale disposto col suo asse ottico parallelamente (presso a poco) a quello dell'equatoriale. Mentre il grande cannocchiale, al quale si applicano oculari con notevoli ingrandimenti ha un campo piccolissimo di appena pochi minuti di arco sulla sfera celeste, sicchè sarebbe quasi impossibile di riuscire a puntare con esso un pianeta principale, una stella delle prime grandezze, ecc., il cercatore ha un campo molto più ampio e con esso si può puntare facilmente quell'astro. Condotta l'immagine di questo nel mezzo del campo del cercatore, si è sicuri di averne l'immagine nel campo del grande cannocchiale.

Siffatti istrumenti si chiamano *equatoriali* perchè permettono di seguire gli astri nel loro moto parallelo al piano dell'equatore.

V. Gli equatoriali servono per *fare posizioni* (cioè misurare le coordinate celesti) degli astri, specialmente dei piccoli pianeti e delle comete. Queste misure si fanno *differenzialmente*, cioè paragonando l'astro ad una stella di nota α e δ, e misurando le piccole differenze in α e δ fra l'uno e l'altra. Se per es. la stella detta *di riferimento* o *di confronto* ha in quell'istante questa posizione apparente [1]:

$$\alpha \qquad\qquad \delta$$
$$5^h.\,48^m.\,21^s,69 \qquad + 18^\circ.\,1'.\,36'',42$$

e le misure sulla stella e sopra un pianetino dànno le differenze

$$\Delta\alpha \qquad\qquad \Delta\delta$$
$$+ 51^s,04 \qquad - 3'.\,4'',71,$$

[1] Le posizioni (α e δ) degli astri quando si ha riguardo alla sola *precessione* si dicono *posizioni medie*; quando si ha inoltre riguardo alla *nutazione* ed alla *aberrazione* si chiamano *posizioni apparenti*, cioè ridotte *al giorno*. Se non si ha riguardo alla aberrazione, si hanno posizioni *vere*.

nel senso: pianetino — stella, si concluderà per coordinate del pianetino

$$5^h.49^m.12^s,73 \qquad + 17^\circ.58'.31'',71.$$

Trattandosi di istrumenti giganteschi, sarebbe impossibile rettificarne con precisione la posizione, l'installazione, come invece è possibile con istrumenti più piccoli, per esempio, col cerchio meridiano. Mentre questo può ridursi a deviare appena di 2″ o 3″ dalla posizione teorica, negli equatoriali bisogna fermarsi a 2′ o 3′ e anche più. Ma trattandosi di misure differenziali, queste deviazioni hanno l'istesso effetto sulla stella di confronto e sull'altro astro, quindi le differenze in α e δ saranno esattamente misurate, l'osservazione buona.

Della rifrazione si tien conto anche in modo differenziale, cioè si calcola (mediante tabelle) la differenza fra la rifrazione in α e δ che affetta la stella e l'altro astro.

Destinati ad osservare astri spesso piccolissimi, gli equatoriali hanno grandi dimensioni; l'obbiettivo ha 30, 40, 50 e più centimetri di apertura, il tubo del cannocchiale è lungo molti metri. Il più grande obbiettivo è quello dell'Osservatorio Yerkes a Chicago, il quale ha 102 cm. di apertura libera. Strumenti come questi costano milioni. Grandissima è la difficoltà di ottenere obbiettivi perfetti quando si vuol dar loro così grandi dimensioni. Col fatto, l'obbiettivo di 92 cm. dell'equatoriale del Monte Hamilton è riuscito meglio dell'altro ora detto. L'uno e l'altro di questi giganteschi cannocchiali sono dovuti a generosi donatori.

In Italia non si trovano mecenati, mentre in quasi tutti gli altri paesi, compresi la Spagna, il Belgio, ecc., se ne trovano. Da noi, generalmente, non si comprende, non si apprezza la nobiltà dell'atto di chi dona, poco o molto secondo la propria fortuna, alla scienza, per

scandagliare le profondità dello spazio, per risolvere problemi di alto interesse. Da noi si dona volentieri per divertimenti, spettacoli, corse di cavalli e cose simili, ma per coloro che corrono nell'arringo della scienza le porte son chiuse.

Si pretende che il Governo faccia tutto; come se la scienza dovesse e potesse essere ufficiale, governativa, a guisa di una privativa dello Stato!

VII. Non mi domandare *quanti ingrandimenti* abbia questo equatoriale; è questa la solita domanda dei profani. Un dato cannocchiale si presta a diversi ingrandimenti o meglio amplificazioni delle immagini, chè gli astri restano tali e quali. L'ingrandimento dipende dall'obbiettivo e dall'oculare, che è questa piccola lente cui si avvicina l'occhio. L'obbiettivo è grande e raccoglie molta luce dall'astro, dandocene una piccolissima immagine molto luminosa, l'oculare ingrandisce questa immagine. Comprendi quindi che se l'obbiettivo è grande e l'astro molto luminoso, l'obbiettivo raccoglie molta luce, dà una immagine luminosissima e si possono usare notevoli [1] ingrandimenti, fino a 2000 volte (ossia diametri); ma se l'obbiettivo è piccolo o se l'astro ha poca luminosità, bisogna tenersi basso negli ingrandimenti.

Oltre ai cannocchiali con obbiettivi (*refrattori*) vi sono quelli a specchio *(riflettori)*; ma ad istruirti su questo argomento ti gioverà assai la lettura del manuale Hoepli: *Ottica*.

---

[1] Non dire *forte* nel senso di grande, notevole; è un francesismo. I pretesi conoscitori della nostra lingua vorrebbero detto e scritto: *valore molto forte delle rifrazioni*, ecc. La forza non ha che fare con la rifrazione.

LEZIONE XXIV

I. Le *maree* costituiscono un fenomeno di grande importanza pei paesi vicini agli oceani; per l'Italia, bagnata da mari interni non molto estesi, le maree sono appena sensibili e il pubblico non vi bada nemmeno. Poichè esse sono dovute all'azione degli astri, te ne darò un breve cenno.

Il fenomeno consiste in questo, che a dati intervalli il livello degli oceani si innalza e si abbassa, quindi sulle rive si ha il *flusso*, pel quale le acque invadono la costa ed il *riflusso* pel quale si ritirano. Quando le acque son giunte a tale altezza che non si elevano più, si ha l'*alta marea*, quando si abbassano tanto che in seguito si elevano si ha la *bassa marea*; ma l'elevazione dell'acqua sul livello medio o il suo abbassamento non è sempre lo stesso, cioè i massimi e i minimi hanno valori variabili. Lo studio dei periodi delle maree ha mostrato una corrispondenza fra questo fenomeno e la posizione della Luna, il che ha data la chiave del fenomeno. Eccone la causa.

Quantunque, data la forma quasi sferica della Terra, la risultante delle azioni attrattive della Luna sopra tutte le molecole del nostro globo passi quasi pel centro (tieni però presente quanto ti dissi intorno alla precessione degli equinozî, dovuta alle azioni della Luna e del Sole sul rigonfiamento equatoriale del

globo), la parte del globo terrestre volta più direttamente alla Luna è da questa attratta più dell'altra che sta dal lato opposto. Più esattamente, un meridiano del globo avrà una sua metà volta alla Luna e l'altra no, ed una retta che congiunga il centro della Terra con quello della Luna, incontrerà la superficie del globo in un punto volto alla Luna e, prolungata dall'altra parte, incontrerà la superficie del globo in un punto diametralmente opposto. Il primo punto è più vicino al centro della Luna (dove si suppone concentrata la sua virtù attrattiva) per tutto un raggio del globo; quindi l'attrazione della Luna, che varia nella ragione del quadrato inverso, sarà maggiore su questo punto che sul centro della Terra. Se in quel punto vi sono le acque libere dell'oceano, esse perdono un poco della tendenza a star collegate alla Terra, la gravità diminuisce un poco per esse, quindi si solleveranno formando un piccolo rigonfiamento volto alla Luna. Invece l'altro punto del globo si trova più distante dalla Luna che nol sia il centro della Terra, sul quale l'attrazione lunare è maggiore; quindi se su quel punto si trovano acque libere, esse formeranno un altro rigonfiamento perchè il centro della Terra si scosta da loro.

Ora, girando la Terra su di sè, volge alla Luna successivamente i suoi diversi meridiani, la congiungente i due centri incontra la superficie del globo, ma non devi immaginare che l'acqua di un punto si trasporti al rigonfiamento seguente e da questo al successivo; no, è l'acqua dell'oceano la quale si eleva e si abbassa successivamente lungo diversi raggi terrestri, rimanendo sul posto di prima. Eccone una immagine. Supponi una corda fissata ad un capo, se tu tieni in mano l'altro e cominci ad agitare la corda, la vedrai tutta ondulata, quelle onde si trasmetteranno dalla tua mano al capo fisso, ma la porzione della

corda che forma la prima ondulazione è diversa da quella che forma la seconda, e così via. Le onde si trasmettono, scorrono lungo la corda, ma la materia di questa non si sposta in lunghezza. Così accade per le acque dell'oceano al girare apparente della Luna, pel moto effettivo di rotazione della Terra. Sulla Terra scorrerà un anello di ondulazioni che seguiranno la Luna, le acque dell'oceano s'incresperanno pel passaggio della Luna; ma in ogni luogo quelle acque, dopo di essersi sollevate verso la Luna, si abbasseranno nuovamente nel posto di prima.

Anche il Sole produce una marea, ma l'azione della Luna è eguale a 2,3 volte quella del Sole.

Comprenderai che lungo le coste, elevandosi il livello dell'acqua, questa si riversa sulla riva e vi entra per molti metri; se invece la costa è una roccia a picco, l'acqua si eleva lungo la roccia. Quindi nei porti lungo l'oceano vi sono punti d'imbarco per la bassa marea e punti d'imbarco per l'alta marea, punti che possono trovarsi a 12 o 13 metri l'uno sull'altro lungo la verticale.

La durata media di un giorno lunare è di $24^h.50^m,5$ di tempo medio [1], quindi il ritardo della marea da un giorno all'altro è di $50^m,5$.

Durante $24^h.50^m,5$ si hanno due maree alte e due basse, perchè si ha marea in un luogo ogni volta che la Luna passa a quel meridiano *superiormente* o *inferiormente*, il che accade due volte in un giorno lunare.

L'intervallo fra due maree alte è, in media, di $12^h.25^m,2$; ma la bassa marea intermedia non occupa il mezzo fra le due alte maree, essendocchè il mare

(1) Nelle *Lezione VI* si è detto che la Luna ritarda in media, 53^m al giorno; ma questo non è in contraddizione con quanto si è detto adesso; perchè rispetto alle stelle la Luna ritarda da 53^m a 54^m al giorno, rispetto al sole poi 50^m.

non impiega lo stesso tempo a salire ed a discendere. Per esempio nel porto di Le Havre e in quello di Boulogne, il mare impiega $2^h.8^m$ dippiù a discendere che a salire. In altri luoghi la differenza è di appena 20^m.

II. Il livello dell'alta marea varia da un giorno all'altro proporzionalmente ad un certo coefficiente, il quale è lo stesso per tutti i porti e *chiamasi coefficiente della marea* per quel giorno; quel coefficiente è quasi sempre frazionario, di rado oltrepassa l'unità. Quando questo coefficiente è eguale ad *1*, il mare si innalza sulla superficie media di un'altezza che dipende dal porto considerato e che chiamasi *unità di altezza* per quel porto. Per ottenere questa unità, si osserva per un lungo periodo l'altezza media dell' alta marea e quella della bassa, la metà della differenza è l'unità di altezza. È questa unità di altezza che si moltiplica pel coefficiente della marea, onde sapere di quanto l'alta marea si eleverà in quel luogo ed in quel giorno sul livello medio. Poniamo che in un luogo, in seguito ad osservazioni continuate a lungo, si abbia 12 metri per differenza media fra il livello dell'alta e della bassa marea, l'unità *di altezza sarà* di 6 metri. Se in un dato giorno il coefficiente della marea è eguale a 0,900; per quel luogo in quel giorno l'acqua si eleverà di metri 5,40 sul livello medio.

Poichè la Luna, e il Sole in molto minor misura, concorrono a produrre le maree, comprenderai che quando le azioni di questi astri si sommano, l'effetto è maggiore, quando sono in senso contrario l'effetto si attenua.

Ne segue che nelle *sizigie* (Luna nuova e Luna piena) le maree sono maggiori che nelle *quadrature* (primo ed ultimo quarto).

Naturalmente la marea varia con la declinazione della Luna e del Sole e con le distanze di questi astri dalla Terra. Quando la Luna o il Sole si trovano sull'equatore celeste, la rispettiva marea è maggiore; quando vi sono entrambi la marea è ancora più grande.

Se poi la Luna è al perigeo, la sua azione è maggiore; lo stesso è per la marea solare quando la Terra trovasi al perielio.

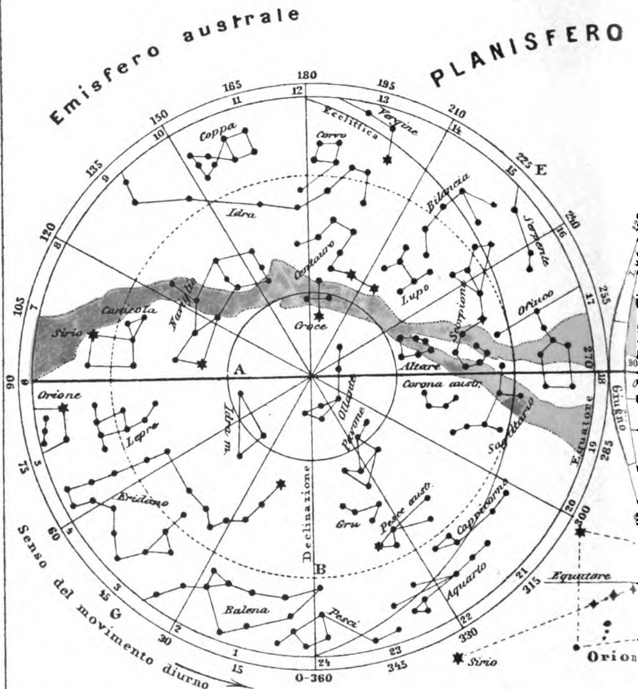
Sicchè il massimo effetto si può avere nelle sizigie equinoziali quando la Luna è perigea e la Terra sta al perielio.

In tutti i porti si è notato che la marea non ha luogo effettivamente nel tempo e modo che richiederebbero le posizioni della Luna e del Sole, ma, fra l'altro, con un ritardo di 1 a 2 giorni. Per esempio la grande marea che dovrebbe avverarsi nelle sizigie si ha da 30^h a 40^h dopo gl'istanti delle sizigie. Questo ritardo nasce da che il mare non copre uniformemente la superficie della Terra. Ammettiamo che l'onda della marea, il rigonfiamento dell'oceano abbia luogo nel mezzo di questo, nell'istante indicato dalla teoria, girando la Luna (apparentemente) il rigonfiamento deve trasmettersi ad acque che possedono velocità acquistate per l'innanzi, che quindi oppongono resistenza al trasporto dell'onda, quindi l'alta marea non giunge nei porti che 30^h o 40^h più tardi.

Con simili ragioni meccaniche di inerzia e di attrito si spiega perchè nel Mediterraneo le maree sieno così attenuate che quasi non si avvertano.

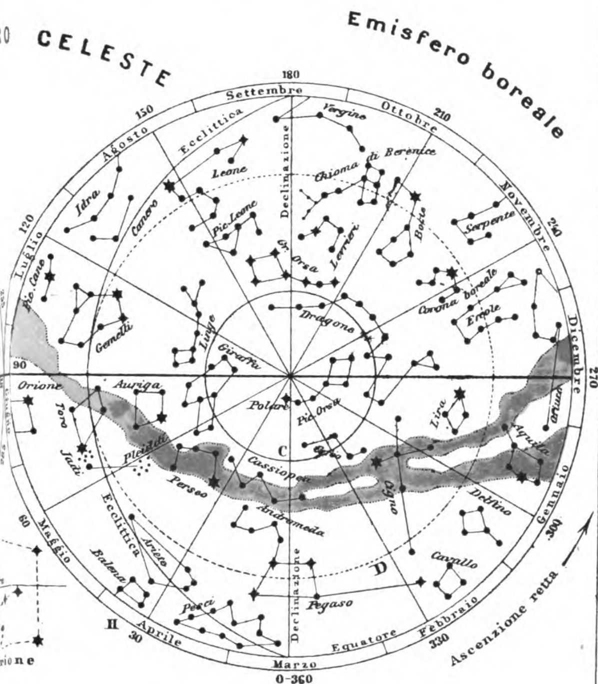
L'osservazione ha mostrato che quel ritardo generale, di cui poc'anzi, viene modificato dalla configurazione delle coste in ogni luogo. Chiamasi *stabilimento del porto*, per un certo luogo, il ritardo dell'alta marea rispetto al passaggio della Luna al meridiano nel giorno di una sizigia equinoziale, quando questa ha luogo trovandosi la Luna alla media distanza dalla Terra. Anche per due luoghi vicini *lo stabilimento del porto* può essere molto diverso.

In questo Planisfero l'emisfero boreale è presentato nella sua concavità, quello, in modo che il punto **E** combaci coll' **F**, e il **G** coll' **H**, e si avrà la Sfera i



Nella figura i circoletti **A** e **C** sono i polari; il circolo punteggiato **B** è il trop bili di un luogo, bisogna fare almeno due osservazioni a distanza di sei mesi, p. e. differente emisfero e altre costellazioni. Orione, diviso nei due emisferi, viene poi riun to esterno dell'emisfero boreale sono segnati i dodici mesi dell'anno, nel corrispondent ti al di fuori. Il sole percorre apparentemente quindici gradi ogni ora. Quindi sotto l'ora questa avvengono le ecclissi. La fascia serpeggiante azzurra rappresenta la via lattea.

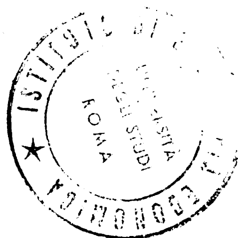
...nità, e l'australe nella sua convessità. Quindi s'imagini sovrapposto questo su ...llor intiera



...tropico del Capricorno; e l'altro D il tropico del Cancro. Per vedere tutte le stelle visi-...p.e in marzo e settembre; perchè in tal tempo tutto il cielo cangia aspetto, presentando ...muito a parte fra essi. Vi si aggiunge Sirio, appartenente alla Canicola. Nel circolet-...dente circoletto dell'emisfero australe le ventiquattr'ore del giorno coi gradi corrisponden-...lora 1ª si legge 15, sotto la 2ª 30 ecc. I Pianedi circolano nel piano dell'ecclittica, e in ...

Ulrico Hoepli, Editore, Milano.

INDICE DELLE MATERIE


ROMA

ERRATA-CORRIGE

Pagina	6	linea	7	Lineare	Lunare
»	27	»	9	scindono	si scindono
»	32	»	7	terrestre o per	terrestre e per
»	33	»	5	orari dei	orari, dei
»	38	»	21	Poggiandosi	Poggiandoci
»	56	»	7	(dal basso) polare dello	polare e dello
»	76	»	7	o credere	a credere
»	79	figura	6	la lettera *T* (a sinistra di chi legge) correggere *T'*	
»	81	linea	6	0'',806	8'',806
»	92	il richiamo (1) alla linea 25 va invece alla linea 3			
»	100	linea	13	cerchi	archi
»	100	»	19	γ *a* 2	γ *b* 2
»	105	»	30	11'',78	11'',52
»	106	»	13	il punto	il punto γ
»	108	»	9	stella,	stella;
»	108	»	11	0'',01376	0'',1376
»	108	»	17	0'',01376	0,1376
»	108	»	17	0^s,00091733	0^s,0091733
»	111	»	7	20^s	90^s
»	120	figura	10	la lettera *T* (a sinistra di chi legge) correggere *T'*	
»	132	linea	19	piano,	piano
»	134	»	3	(dal basso) lungitudine	longitudine
»	145	»	9	» » id.	id.
»	147	»	4	(dell'annotazione) coi	col
»	157	»	5	e 8 della stessa	dalla stessa
»	172	»	3	(delle annot.) determinzioni	determinazioni
»	181	»	8	(dal basso) diretto	diretto,
»	189	»	8	8',85	8'',85
»	196	»	5	del prodotto	dal prodotto
»	203	»	3	(dal basso) variazione	variazioni
»	207	»	5	d	di
»	212	»	14	a declinazione	e declinazione
Tavole del planisfero				Linge	Lince
»	»	»		lin. 5 (annot.) pianedi	pianeti

ELENCO COMPLETO

DEI

MANUALI HOEPLI

disposti in ordine alfabetico e per materia

2000 MANUALI HOEPLI

pubblicati al 1° Maggio 1924

Il presente catalogo annulla tutti i precedenti

Che cosa sono i Manuali Hoepli?

I. - Una raccolta iniziata e continuata col proposito di diffondere in forma piana ma esauriente le lettere, le scienze, le arti e le industrie.

II. - I Manuali Hoepli sono sempre compilati da specialisti per ogni materia e sempre, ove occorra, illustrati copiosamente. Con ogni nuova edizione vengono riveduti, corretti ed arricchiti delle aggiunte necessarie per tenerli al corrente dei più recenti progressi della scienza e delle industrie.

III. - Nella Collezione dei Manuali Hoepli ognuno può trovare un testo riguardante i suoi studi, e, se mai, rintraccerà sempre uno o più capitoli di suo interesse nei Manuali di indole affine. Chi desidera testi più esaurienti di scienze pure od applicate consulti l'elenco dei volumi della "Biblioteca tecnica Hoepli,, formato in-8 grande, chiedendolo all'editore.

IV. - I Manuali Hoepli formano un'Enciclopedia perennemente viva di scienze, lettere ed arti, perchè la loro grande diffusione permette al-l'Editore di rinnovarli e rifarli di continuo.

V. - Tutti i Manuali Hoepli sono solidamente ed elegantemente legati; non sono quindi votati allo sfasciamento come i soliti libri brochure, ma costituiscono una biblioteca duratura e di gradevole aspetto.

Ulrico Hoepli

AVVERTENZE

☛ I libri si spediscono ***franchi di porto*** nel Regno e nelle Colonie dietro invio a mezzo cartolina vaglia dell'importo segnato, ***più*** il ***dieci per cento*** per imballaggio e per le aumentate spese postali. ***Per l'Estero*** si aggiunga il 20 % per le spese postali.

☛ Le spedizioni sono fatte con cura e puntualità, ma i volumi non raccomandati viaggiano a ***rischio*** e ***pericolo*** del committente.

☛ Per ricevere i libri RACCOMANDATI — **onde evitare smarrimenti dei quali l'editore non si rende responsabile** — aggiungere ***centesimi 50 in più*** per l'Italia; ***una lira*** per l'Estero.

☛ Si fanno anche spedizioni contro assegno, ma siccome le spese sono alquanto maggiori, è ***preferibile inviare*** l'importo anticipato con cartolina vaglia.

☛ L'Editore U. Hoepli esamina sempre con cura — per mezzo di apposita commissione scientifica — gli originali che gli vengono sottoposti per la pubblicazione sia nella collezione "manuali", sia nelle altre collezioni specificate in altri Cataloghi.

ELENCO COMPLETO DEI MANUALI HOEPLI

disposti in ordine alfabetico per materia

	L. C.
Abete (Monografia dell'), di O. Fogli, ad uso dei cultori, commercianti e consumatori, di pag. 325 con 125 inc.	14 —
Abitazioni animali domestici di U. Barpi, 2ª ediz. di pag. XVI-479 e 255 figure	7 50
Abitazioni popolari (Case operaie) di E. Magrini, 2ª ediz. di pag. XVI-465 e 219 incisioni (esaurito).	
Abitazioni rurali — vedi: Casette.	
Abiti per signora. Taglio e confezione di E. Bonetti, pag. XX-296, 55 tavole (in ristampa).	
Acciai (Lavorazione e tempera degli). Indurimento superficiale del ferro e cementazione, di A. Massenz, 4ª ediz. riveduta di pag. XX-214 con 70 incis. .	9 50
Acciai (Tecnica moderna degli), di C. Goffi. Produzione, lavorazione a caldo, trattamenti termici, lavoraz. a freddo, proprietà, impiego degli acciai al carbonio e speciali. Manuale per gli operai aggiustatori meccanici, di pag. XVI-260 con 88 inc. e 3 tav. a col. .	7 50
Acciaio (Tempera e cementaz. dell') di M. Levi-Malvano, di pag. XII-261 (in ristampa).	
Acciaio (Analisi chimica dell') e dei prodotti siderurgici, nonchè delle materie prime e prodotti ausiliari, di R. Namias. Pag. XII-240	7 50
Accumulatori — vedi: Correnti alternate - Illuminazione elettrica - Ingegnere elettricista - Operaio elettrotecnico - Sovratensioni - Ricettario dell'elettricista.	
Acetilene (L') e le sue applicazioni di S. Castellani e U. Romanelli, 3ª ediz. di pag. XX-335 e 115 inc.	6 50
Acquaforte (L') di F. Melis-Marini, di pag. 188, con 10 tav. e 19 prove originali	12 50
Acqua potabile — vedi: Fognatura biologica.	
Acque minerali d'Italia. Idrologia e crenoterapia del Dott. P. Piccinini. Parte generale e parte speciale. Indicazioni terapeutiche delle acque minerali italiane. Pag. VIII-608 con 72 inc. (Legatura speciale).	22 50

Acque minerali e termali d'Italia di L. TIOLI di pagine XXII-552 . . . . 11 —
Acque minerali artificiali, acque gazose, ecc. di M. GIUA, con 42 illustrazioni . . . . 2 —
Acque sotterranee e giacimenti minerali, di M. GROSSI, di pag. XVI-380, con 68 incis. (esaurito).
Acque sotterranee — vedi: Petrolio.
Acrobatica e atletica di A. ZUCCA, di pag. XXX-267, 100 tav. e 42 incisioni . . . . 8 —
Acustica musicale di A. TACCHINARDI, di pag. XII-189, con 85 incisioni 3 50
Affari (Vademecum dell'uomo di), di C. DOMPÉ, 3ª ediz. aggiornata, di pag. 562 . . . . 18 50
Affresco — vedi: Pittura murale.
Aggiustatore meccanico di F. MASSERO, 2ª ediz. ampliata, di pag. XVI-315 con 349 incisioni. . . . 9 50
— Vedi anche Acciai.
Agraria — vedi: Abitazioni animali - Agricoltore - Agronomia - Alimentazione del bestiame - Ampelografia - Catasto italiano - Computisteria agraria - Cooperative - Economia fabbricati rurali - Estimo rurale - Geometria pratica - Legislazione rurale - Macchine agricole - Mezzeria - Pomologia - Telemetria - Triangolazioni topografiche e catastali.
Agricoltore (Prontuario dell') e dell'Ingegnere agronomo, V. NICCOLI, 8ª ediz., cur. da A. FANTI. Pag. XLVIII-718 28 —
Agricoltore (Il libro dell'). **Agronomia, agricoltura** ed industrie agricole, di A. BRUTTINI, 5ª ediz. rived. e aumentata. Pag. XX-586 con 347 inc. . . . 18 50
Agricoltura — vedi : Botanica - Chimica agraria - Coltivazione piante tessili - Coltura montana - Concimi - Elettricità (L') nella vegetazione - Floricoltura - Frumento e mais - Frutta minori - Frutticoltura - Funghi e tartufi - Gelsicoltura - Giardiniere - Insetti nocivi - Insetti utili - Malattie crittogamiche delle piante erbacee coltivate - Molini - Olivo ed olio - Olii vegetali, animali e minerali - Orticoltura - Piante e fiori - Piante aromatiche - Pomologia artificiale - Prato - Prodotti agricoli del Tropico - Selvicoltura - Tabacco - Uva passa - Viticoltura.
Agrimensura (Elementi di), con speciale riguardo all'insegnamento nelle Scuole di Agricoltura e ai bisogni pratici dell'agricoltore, a cura di S. FERRERI MITOLDI. (1923), 3ª ediz. ampl. di pag. XVI-383, con 281 incisioni e una tavola colorata 16 50
Agronomia e agricoltura moderna di G. SOLDANI, 3ª ediz., di pag. VIII-416 (in ristampa).
Agrumicoltura (L') **in Italia e nella Libia** di E. FERRARI, di pag. XIV-228, con 35 tavole . . . . 7 —
Albanese parlato. Cenni grammaticali e vocabolario, proverbi, dialoghi, di A. LEOTTI, di pag. 433 . . 9 —
Alcool. Fabbricazione e materie prime, di F. CANTAMESSA, 2ª ediz., di pag. XII-447 (in ristampa).
Alcool industriale di G. CIAPETTI. Produzione e applicazione alla forza motrice, illuminazione, industrie, 2ª ediz. ampliata, di pag. XII-275 con 104 inc. . 10 50
Alcoolismo (L') di G. ALLEVI, di pag. XII-221. . . 2 50

Algebra complementare di S. PINCHERLE, 2 vol.
I. **Analisi algebrica**, 3ª edizione 7 50
II. **Teoria delle equazioni**, 3ª edizione 7 50
Algebra elementare di S. PINCHERLE, 14ª ediz. di pagine VIII-220 con inc. . . . . 6 —
— (Esercizi sull') di S. PINCHERLE. 3ª ediz., p. VIII-147 . 4 50
Alimentazione di G. STRAFFORELLO, di pag. VIII-122 . 2 —
Alligazione (Tavole di) per l'oro e l'argento di F. BUTTARI, di pag. XII-220 . . . . 2 50
Alluminio (L') di C. FORMENTI, di pag. XXVIII-324 . 4 50
Alpi (Le) di I. BALL, traduz. di I. Cremona, pag. VI-120 1 50
Altoforno elettrico, di F. PAGLIARO, di pag. XI-207 con 41 figure nel testo 12 50
Amatore (L') di oggetti d'arte e di curiosità. Pittura - Incisione - Scoltura in avorio - Piccola scoltura - Scoltura microscopica - Mobili - Intarsio - Vetri - Orologi - Opere di stagno - Ceroplastica - Armi ed armature - Pietre incise (cammei ed in incavo) - Scacchi - Scarabei - Dizionario complementare, di L. DE MAURI (E. Sarasino). 3ª ed., 1922, di pag. 1086, con 233 incisioni, 104 tavole e numerose marche . 58 —
Amatore (L') di majoliche e porcellane di L. DE MAURI, 3ª ediz. di pag. XI-965 . . . . 42 —
Amatore (L') di miniature in avorio (secoli 17, 18, 19), di L. De MAURI, di pag. 560, con 22 illustr. nel testo e 62 fuori testo delle quali 23 a colori . 25 —
Amatore di stampe, di J. GELLI. – Interpretazione di monogrammi, marche e segni d'intagliatori, 1688 marche, 22 tavole, di pagine XXVI-360 . . . . . . 30 —
Ampelografia. Viti per uve da vino e da tavola, di G. MOLON, pag XLIV-1243, 2 vol. . . . . 36 —
Analisi acciaio — vedi: Acciaio.
Analisi chimica qualitativa di sostanze minerali e organiche di P. E. ALESSANDRI, 4ª ediz. rifatta 18 50
Analisi chimica quantitativa ponderale e volumetrica di P. E. ALESSANDRI, 2ª ediz. di pag. XX-262 con 73 incisioni e 65 tabelle (in ristampa).
Analisi urine — vedi: Urologia.
Anatomia microscopica di D. CARAZZI, di pag. XI-211, con 5 incisioni (esaurito).
Anatomia pittorica, di A. LOMBARDINI, 6ª edizione a cura di V. LOMBARDINI, di pag. 207, con 56 fig. . 9 —
Anatomia topografica di C. FALCONE, 4ª ediz., di pagine XII-887 e 48 figure . . . . 25 —
Anfibi d'Italia (Gli) di C. VANDONI, di pag. XII-176, con 32 figure 2 50
Animali da cortile. Polli, Tacchini, Fagiani, Oche, Conigli, ecc., di F. FAELLI, 2ª ediz., di pag. XXIV-388, con 56 incisioni e 19 tavole colorate 22 50
Animali da cortile — vedi: Colombi domestici - Coniglicoltura - Fagiani - Malattie dei polli - Pollicoltura - Uccelli canori
Animali domestici — vedi: Abitazione degli - Cammello - Cane - Cani e gatti - Cavallo - Maiale - Porco - Razze bovine - Suinicoltura - Zebra.
nimali parassiti — vedi: I nsetti delle case.

Antichità greche pubbliche e private, di V. INAMA, rifatta da MARTINI e BASSI (d'imm. pubblicaz.).
Antichità private romane di HUBERT e KOPP. rifatto da MARTINI e BASSI (d'imm. pubblicazione).
Antichità pubbliche romane di I. G. HUBERT e W. KOPP, 2ª ediz. rifatta da MARTINI e BASSI (d'imminente pubblicazione).
Antologia provenzale di E. PORTAL, di p. VIII-574 . 4 50
Antologia stenografica di E. MOLINA (in ristampa).
Antropometria di R. LIVI, di p. VIII-237 e 32 incisioni 3 50
Ape latina. Dizion. di frasi sentenze ecc. a cura di G. FUMAGALLI, di pag. 353 (nuova ediz. in corso di stampa).
Apicoltura di G. CANESTRINI, 10ª ediz. ampliata, a cura di V. ASPREA, di pag. 250, con 55 inc. . . 6 50
Appalti di opere pubbliche di A. CUNEO, di p. VIII-571 6 —
Apparecchiatura dei tessuti di lana di G. STROBINO, di pag. VIII-618, con 404 incisioni . . . . . 16 —
Apprendista meccanico di V. GOFFI, 2ª ediz. di pag. 400, con 218 incisioni 7 50
Arabo parlato in Egitto. Grammatica e vocabolario, di A. NALLINO, 2ª ediz., di pag. XXVI-551 . . . 12 —
Arabo parlato in Libia. Grammatica e repertorio di vocaboli e frasi di E. GRIFFINI, di pag. LII-378. . 10 —
— vedi: Grammatica Italo-Araba.
Araldica — vedi: Dizionario araldico.
Araldica zootecnica di E. CANEVAZZI, di pag. XIX-342 e 43 incisioni 3 50
Arazzo (L'arte dell') (Gobelins) di G. B. ROSSI, di pagine XV-239 e 130 illustrazioni . . . . . . 10 —
Arbitrato — vedi: Conciliazione, Perizia.
Archeologia — vedi: Atene - Antichità greche - Antichità romane - Epigrafia - Paleoetnologia - Paleografia - Rovine Palatino - Topografia di Roma.
Architettura (Dizionario di), di G. RAVAZZINI. Pag. 250 con 530 incisioni originali . . . . 10 —
Architettura italiana antica e moderna di A. MELANI, 6ª ediz. rifatta di pag. XXVI-1025, con 300 inc. 38 —
— vedi anche Stili architettonici.
Archivista (L'), di P. TADDEI. Manuale teorico pratico di pag. VIII-486 . . . . 12 —
Archivisti (Manuale per gli), di P. PECCHIAI, di p. VI-229 6 —
Argentatura — vedi: Enciclopedia galvanica - Galvanizzazione - Galvanoplastica - Galvanostegia - Metallocromia - Metalli preziosi - Piccole industrie - Ricettario dell'elettricista.
Argentina (Repubblica), storia e condizioni geografiche di E. COLOMBO, di pag. XII-320 . . . . . . 6 50
Aritmetica pratica di E. PANIZZA, 4ª ediz. di p. 191 3 —
Aritmetica razionale di F. PANIZZA, 7ª ed., pag. XII-210 4 50
— (Esercizi di) F. PANIZZA, di pag. VIII-150 . . . 1 50
Aritmetica e geometria dell'operaio di E. GIORLI, 8ª ediz. ampliata, con 100 problemi risoluti, 79 incisioni, 136 esercizii e 50 problemi; di pag. XII-235 7 50
Armi antiche (Guida del raccoglitore) di I. GELLI, di pag. VIII-389, 23 tav. e 432 incis. . . . . . 9 —
Armonia di G. BERNARDI, 4ª ediz., di pag. XXIV-366 . 7 50

Aromatici e nervini nell'alimentazione di A. VALENTI, di pag. XV-338 . . . . 4 —
Arsenico (L') nella scienza e nell'industria, di L. MAURANTONIO, di pag. XII-256 . . . . 3 50
Arte decorativa (Manuale d') **antica e moderna** di A. MELANI. 3ª edizione riveduta e arricchita di notizie. 1922, di pag. XLII-857, con 264 incisioni . 32 —
Arte del dire (Retorica) di D. FERRARI, 10ª ediz., p. 286 4 50
Arte di distinguere gli stili — vedi: Stili.
Arte della memoria. Storia e teoria di B. PLEBANI, 2ª ediz., di pag. XXVI-235 con 13 illustrazioni . . 5 50
Arte nei mestieri di I. ANDREANI, in 3 volumi:
I. **Il falegname**, 3ª ediz., p. 309, 264 inc. e 25 tav. 8 —
II. **Il fabbro**, 2ª ediz., p. 258, 266 inc. e 50 tav. 6 —
III. **Il muratore**, 4ª ediz., p. 281, con 235 inci 9 —
Arte navale di I. IMPERATO. 3 volumi:
Vol. I. **Attrezzatura e manovra**, di pag. XIII-468 con 460 incisioni. . . . . 20 —
Vol II. **Manovra delle navi. Segnalazioni.** VII ediz. Pag. XVI-678 con 275 inc. e 15 tav. col. . . . 28 —
Vol. III. **Struttura degli scafi. Stabilità e dinamica delle navi.** Pag. 500 con 300 incisioni . : . . 18 —
Asfalto, bitume, catrame di L. MAZZOCCHI. Pagine XII-184 con 58 inc. e carte 5 50
Assicurazioni (Manuale di) di G. ROCCA, pag. XIX-634 10 —
— vedi: Matematica attuariale - Patologia infortuni sul lavoro - Scienza attuariale.
Assiriologia, Grammatica, Crestomazia, ecc., di G. BOSON, di pag. 346 . . . . 9 —
Assistenza e terapia degli ammalati di mente di M. U. MASINI e G. VIDONI, di pag. VIII-233 . . 2 50
Assistenza degli infermi — vedi: Epidemie esotiche - Malattie infanzia - Malattie dei lavoratori - Malattie dei paesi caldi - Medicatura antisettica - Medicina sociale - Medicina di urgenza - Tisi - Tisici e sanatori - Tubercolosi.
Astronomia di J. N. LOCKYER e G. CELORIA, 7ª ediz. (d'imminente pubblicazione).
Astronomia nautica e trigonometria sferica di G. NACCARI. 3ª ediz. rifatta secondo i programmi governativi, di pag. XVI-265 con 54 inc., una tavola e 2 emisferi 9 50
Astronomia nautica colle rette di altezza (a compimento della «Trigonometria sferica ed astronomia nautica») di G. NACCARI. 3ª edizione completamente rifatta secondo i programmi approvati con Decreto ministeriale in data 4 febbraio 1919. 1922 di pag. XVI-253, con 54 inc. e tavole numeriche . 12 50
Astronomia nell'antico testamento di G. V. SCHIAPPARELLI, di pag. 204 . . . . 3 —
Atene antica e moderna. Cenni, di S. AMBROSOLI, di pag. LV-170, e 22 tavole 4 50
Atlante geografico storico d'Italia di G. GAROLLO, pag. VIII-67 e 24 tavole . . . . 2 —
Atlante geografico universale di R. KIEPERT e testo di G. Garollo, di pag. VIII-88 e 27 carte. 11ª ediz. . 5 —

Attrezzatura navale — vedi: Arte navale.
Autocarri — vedi: Chauffeur.
Autocromista (L'). Fotografia a colori, di L. PELLERANO, di pag. XXXII-544 con 75 fig. e 38 tavole . . . 18 —
Autografi (L'Amatore di) di E. BUDAN, pag. XIV-426 e 361 facsimili . . . . 9 —
Autografi (Raccolte e raccoglitori di) di C. VANBIANCHI, di pag. XVI-376 e 102 tavole . . . . . . 20 —
Automobilista (Manuale dell'). Guida pei meccanici conduttori d'autom. di G. PEDRETTI, 5ª ediz. (in rist.).
Automobili — vedi: Chauffeur - Chauffeur di sè stesso - Motociclista nonchè la grande opera in-8 gr. dell'ingegnere L. Timperi, «Il libro dell'automobile» (Lire 35).
Avarie e sinistri marittimi (Regolamento e liquidazione di) di V. ROSSETTO. Volume di pag. XVI-592, con 31 incisioni e 10 tavole . . . . 30 —
Aviazione (Aeroplani, idrovolanti, Eliche) di E. GARUFFA, 2ª ediz. di pag. 980, con 863 incisioni . . . . 20 —
Aviazione — vedi anche: Motorista d'aviazione.
Avicoltura — vedi: Animali da cortile - Colombi - Fagiani - Malattie dei polli - Ornitologia - Pollicoltura - Struzzo - Uccelli canori - Uovo di gallina.
Avvolgimenti elettrotecnici — vedi: Macchine elettriche.
Bachi da seta (I) di T. e F. NENCI. 5ª edizione riveduta e ampliata dal Prof. U. ZANONI. Pag. XII-364, con 57 incisioni e 9 tavole 12 50
Balbuzie (Cura della) **e dei difetti di pronunzia** di A. SALA. Metodo teorico-pratico ad uso dei Maestri delle scuole elementari, delle Maestre dei giardini d'infanzia e degli Allievi delle scuole normali. 2ª edizione corretta e migliorata. Pag. XII-245, con 36 incisioni . . . . 11 —
Balli d'ieri e balli d'oggi di G. GAVINA e F. GIOVANNINI. 2ª ediz. riveduta ed ampliata, di pag. VIII-375 con 200 figure dimostrative, grafici, ecc. . . . 24 —
Bambini — vedi: Balbuzie - Malattie d'infanzia - Nutrizione del bambino - Ortofrenia - Rachitide.
Banca (Piccola Enciclopedia della), di C. MARSILI, con facsimili di moduli, conti, ecc. Pag. VIII-313 . . 15 —
— Vedi anche: Borsa - Cambio - Contabilità bancaria - Corrispondenza bancaria.
Bandiere, insegne e distintivi dei principali Stati del Mondo di F. IMPERATO, di pag. XVI-220, con 50 tavole a colori . . . . 14 —
Barbabietola da zucchero. Storia, lavorazione, ecc., di A. SIGNA, pag. XII-225 e 29 fig. 3 50
Barbabietola da zucchero. Coltivazione di B. R. DE-BARBIERI, pag. XVI-220 e 12 fig. 3 50
Barman — vedi: Gelati.
Bel canto — vedi: Canto.
Bestiame — vedi ai singoli titoli: Abitazioni di animali - Alimentazione del bestiame - Araldica zootecnica - Cammello - Cavallo - Coniglicoltura - Igiene veterinaria - Maiale - Malattie infettive - Polizia sanitaria - Pollicoltura - Porco Razze bovine - Suinicoltura - Veterinario - Zebra - Zoonosi - Zootecnia.

Biancheria (Disegno, taglio e confezione di), Manuale teorico pratico ad uso delle scuole normali e professionali femminili e delle famiglie, di F. Bonetti. 5ª ediz. aggiornata a cura di A. De Gasperi. Pag. xx-247 con 68 tavole e 6 prospetti per l'ingrandimento e rimpicciolimento dei modelli 12 50
Bibbia (Manuale della) di Mons. L. Gramatica e Prof. G. Castoldi (in sostituzione del «Manuale della Bibbia» di G. M. Zampini, 1924, di pag. xviii-410. 16 50
Bibite — vedi: Gelati.
Bibliografia di G. Fumagalli, 3ª ediz. interamente rifatta di pag. 360, con 87 figure 8 50
Biliardo (Il) **e il giuoco delle bocce** di I. Gelli, 3ª edizione, di pag. xii-197 e 80 illustrazioni . . . 4 50
Biografia — vedi: Dizionario biografico - Manzoni - Napoleone I. - Shakespeare.
Biologia animale di G. Collamarini, di pag. x-426 e 23 tavole . . . . 6 —
Biologia marina di R. Issel, di pag. 627, con 211 fig. 14 —
Birra (La fabbricazione della) di A. Angiolani e C. Dorna. Materie prime, tecnologia, laboratorio. Pag. viii-357 con 47 fig. e tabelle . . . . . 15 —
Bitume — vedi: Asfalto.
Bonificazioni. Amministrazioni, ecc., di G. Mezzanotte, pag. xii-294 . . . . 6 —
Bonificazioni (La pratica delle), di A. Fanti, di pag. xx-358, con 75 incisioni 6 50
Borsa (La) di A. De Pietri-Tonelli. Ambiente, operazioni, teoria, regolamentazione. Pag. 228 . . . 10 —
Boschi e pascoli. Storia, importanza idro-geologica, ecc., di E. Ferrari, di pag. 380, con 15 tavole . . 5 50
Botanica di I. D. Hooker-Pedicino N., 5ª ediz. a cura G. Gola, di pag. xvi-144 e 74 fig. . . . . 3 —
Botanica — vedi: Ampelografia - Barbabietola - Caffè - Conifere - Dizionario di botanica - Fisiologia vegetale - Floricoltura - Funghi - Garofano - Giardiniere - Jucche - Malattie crittogamiche - Orchidee - Orticoltura - Piante e fiori - Piante erbacee a seme oleoso - Piante aromatiche - Pomologia - Prodotti del tropico - Rose - Selvicoltura - Uve - Tabacco.
Bottaio (Il). Fabbricazione e misura delle botti, di L. Pavone, riveduto da A. Strucchi, di pag. 240, con 127 figure 6 50
Boyscout — vedi: Scoutismo.
Bromatologia. I cibi dell'uomo, di S. Bellotti, di pag. xv-251 (in preparazione).
Buddismo di E. Pavolini, pag. xvi-164 (in ristampa).
Cacciatore (Manuale del) di G. Franceschi, 6ª ediz. rifatta, di pag. xii-483 con 100 inc. e tav. schematica 16 —
Caffè. Suo paese e importanza, di B. Belli, di pag. 410 e 48 tavole . . . . 9 —
Caffettiere e sorbettiere di L. Manetti, di pagine xii-311 e 65 fig. (in ristampa).
— Vedi: Gelati..
Calcestruzzo (Costruzioni in) ed in cemento armato di G. Vacchelli, 6ª edizione, con importanti aggiunte. Pag. xxiv-407 con 281 incisioni . . . . 16 —

Attrezzatura navale — vedi: Arte navale.
Autocarri — vedi: Chauffeur.
Autocromista (L'). Fotografia a colori, di L. PELLERANO, di pag. XXXII-544 con 75 fig. e 38 tavole . . . 18 —
Autografi (L'Amatore di) di E. BUDAN, pag. XIV-426 e 361 facsimili . . . . 9 —
Autografi (Raccolte e raccoglitori di) di C. VANBIANCHI, di pag. XVI-376 e 102 tavole . . . . . 20 —
Automobilista (Manuale dell'). Guida pei meccanici conduttori d'autom. di G. PEDRETTI, 5ª ediz. (in rist.).
Automobili — vedi: Chauffeur - Chauffeur di sè stesso - Motociclista nonchè la grande opera in-8 gr. dell'ingegnere L. Timperi, « Il libro dell'automobile » (Lire 35).
Avarie e sinistri marittimi (Regolamento e liquidazione di) di V. ROSSETTO. Volume di pag. XVI-592, con 31 incisioni e 10 tavole . . . . 30 —
Aviazione (Aeroplani, idrovolanti, Eliche) di E. GARUFFA, 2ª ediz. di pag. 980, con 863 incisioni . . . . 20 —
Aviazione — vedi anche: Motorista d'aviazione.
Avicoltura — vedi: Animali da cortile - Colombi - Fagiani - Malattie dei polli - Ornitologia - Pollicoltura - Struzzo - Uccelli canori - Uovo di gallina.
Avvolgimenti elettrotecnici — vedi: Macchine elettriche.
Bachi da seta (I) di T. e F. NENCI. 5ª edizione riveduta e ampliata dal Prof. U. ZANONI. Pag. XII-364, con 57 incisioni e 9 tavole 12 50
Balbuzie (Cura della) **e dei difetti di pronunzia** di A. SALA. Metodo teorico-pratico ad uso dei Maestri delle scuole elementari, delle Maestre dei giardini d'infanzia e degli Allievi delle scuole normali. 2ª edizione corretta e migliorata. Pag. XII-245, con 36 incisioni . . . . 11 —
Balli d'ieri e balli d'oggi di G. GAVINA e F. GIOVANNINI. 2ª ediz. riveduta ed ampliata, di pag. VIII-375 con 200 figure dimostrative, grafici, ecc. . . . . 24 —
Bambini — vedi: Balbuzie - Malattie d'infanzia - Nutrizione del bambino - Ortofrenia - Rachitide.
Banca (Piccola Enciclopedia della), di C. MARSILI, con facsimili di moduli, conti, ecc. Pag. VIII-313 . . 15 —
— Vedi anche: Borsa - Cambio - Contabilità bancaria - Corrispondenza bancaria.
Bandiere, insegne e distintivi dei principali Stati del Mondo di F. IMPERATO, di pag. XVI-220, con 50 tavole a colori . . . . 14 —
Barbabietola da zucchero. Storia, lavorazione, ecc., di A. SIGNA, pag. XII-225 e 29 fig. 3 50
Barbabietola da zucchero. Coltivazione di B. R. DEBARBIERI, pag. XVI-220 e 12 fig. 3 50
Barman — vedi: Gelati.
Bel canto — vedi: Canto.
Bestiame — vedi ai singoli titoli: Abitazioni di animali - Alimentazione del bestiame - Araldica zootecnica - Cammello - Cavallo - Coniglicoltura - Igiene veterinaria - Maiale - Malattie infettive - Polizia sanitaria - Pollicoltura - Porco Razze bovine - Suinicoltura - Veterinario - Zebra - Zoonosi - Zootecnia.

Canto (Arte tecnica del), di G. MAGRINI, 2ª ed. di pag. 166 3 50
Canto (Il bel). Florilegio di pensieri, consigli e precetti sul canto di tutti i tempi e di tutti i paesi, di V. RICCI. 2ª ediz. rifusa di pag. VIII-362 . . . . 15 —
Canto gregoriano di A. OTTOLENGHI, di pag. XVI-119. 2 —
Caoutchouc e guttaperca di L. SETTIMI, di pag. XVI-253 e 14 illustrazioni (in ristampa).
Capitano marittimo (Il) di G. ALBI, di pag. XXIV-665 con 13 fig., 2 quadri fuori testo, 16 tav. a colori e un Dizionario commerciale marittimo in 5 lingue . . 15 —
Capomastro (Man. del). Impiego di materiali idraulici-cementizi, G. RIZZI, 4ª ediz., p. XVI-395 e 33 inc, 16 —
Capomastro-Assistente di fabbrica (Manuale completo del), di G. LEVI (d'imminente pubblicazione).
Capo-meccanico (Il). Trattato di meccanica industr. di S. DINARO. 2ª ediz. di pag. XII-761 e 536 fig. orig. 15 50
Capotecnico (Il) nelle officine di controllo, al montaggio di macchine, nei collaudi, di S. DINARO. Pagine XII-325 con 210 inc. originali 7 50
Cappellaio di L. RAMENZONI. 2ª ediz. di pag. XX-335 con 104 illustrazioni . . . . 18 —
Carboni fossili Inglesi, Coke, Agglomerati, di G. GHERARDI 22 50
Carni conservate col freddo artificiale di U. FERRETTI, di pag. XVI-499 e 83 figure 7 50
Carpa (Allevamento della) con cenni sulla Tinca, Persico-Trota, Trota iridea di F. SUPINO. 1924, di pagine VIII-186, con 59 incisioni e una tavola a colori 9 50
Carta (Industria della), di L. SARTORI, 2ª ediz. rifatta, di pag. 466 con 148 inc. e tav . . . . 25 —
Carte fotografiche. Preparazioni, ecc. di L. SASSI, di pagine XII-353 (in ristampa).
Carte magiche (Le). Giuochi di destrezza, di PH. DE-FRANK. 2ª ediz. ampliata. Pag. XVI-157 con 22 ill. 7 50
Cartografia — vedi ai singoli titoli: Catasto - Celerimensura - Compensazione errori - Disegno topografico - Estimo - Lettura delle carte - Telemetria - Topografia - Triangolazioni.
Casaro (Man. del), di L. MORELLI. Fabbricazione del burro e del formaggio. 2ª ediz, di pag. 275, 128 inc. (in ristampa).
Case coloniche di F. ANDREANI, di pag. 387, con 116 inc. 8 50
Case operaie — vedi: Abitazioni popolari - Casa dell'avvenire - Casette popolari - Città moderna - Fabbricati civili - Progettista moderno.
Caseificio di G. FASCETTI, storia e teoria della lavorazione del latte, 3ª ediz., ampliata di pag. XXXII-727 con 117 incisioni . . . . 28 —
Casette popolari, villini economici e abitazioni rurali, di I. CASALI, 5ª ediz., di pag. XVI-538 con 570 fig. 20 —
Catasto Italiano di E. BRUNI (in ristampa).
Catrame (Il) e i suoi derivati di G. MALATESTA, di pagine 628, con 180 fig. . . . . 9 —
Catrame — vedi: Asfalto.
Caucciù - vedi: Caoutchouc.

Cavalli (L'arte di guidarli) di C. VOLPINI, di pag. XXIV-216 e 100 illustrazioni . . . . 6 —
Cavallo (Il) di C. VOLPINI, 6ª ediz. ampliata a cura di A. GIANOLI. Pag. XX-539 con 94 inc. e 43 tav. . 26 —
Cavi telegrafici sottomarini di E. JONA, di pag. XVI-338 e 188 figure 5 50
Celerimensura e tav. logaritmiche di F. BORLETTI. 2ª ediz., di pag. XVI-298 e 30 incisioni . . . . 8 —
Celerimensura (Tavole di) di G. ORLANDI, di pag. 1200 18 —
Celerimensura — vedi anche: Tavole tacheometriche.
Cellulosa, celluloide, ecc., G. MALATESTA, pag. VIII-176 3 —
Cementi armati (I) ad uso dei capomastri, di W. SABATINI. Pag. 172 con 75 incisioni 7 50
Cemento armato (Man. pratico per l'impiego del) di A. ARCANGELI (in ristampa).
Cemento armato (Costruzioni in) di G. BALUFFI, 3ª ediz. aumentata, di pag. 350 con 114 incisioni . . 11 50
Cemento e calcestruzzo (Costruzioni di), di G. VACCHELLI. 6ª ediz. con aggiunte sulle più recenti strutture, dell'ing. T. Vacchelli, pag. XXIV-407, 281 inc, 16 —
Cemento armato — vedi: Calcestruzzo - Calci e cementi - Capomastro - Vocabol. tecnico, vol. VIII.
Centrali elettriche — vedi: Correnti alternate - Elettrotecnica - Illuminaz. elettrica - Ingegn. elettricista.
Ceramiche — vedi: Prodotti ceramici - Maioliche e Porcellane - Fotosmaltografia applicata.
Cere — vedi: Materie grasse - Merceologia tecnica - Ricettario industriale.
Chauffeur (Il conducente) di G. PEDRETTI. Manuale pratico per ottenere il certificato governativo d'idoneità. Con riassunto degli articoli del Regolamento Governativo di Circolazione stradale, pag. XVI-370 con 190 incis. e grande tavola . . . . 8 —
Chauffeur (Il meccanico) automotorista, di G. PEDRETTI. Testo completo per la coltura generale e l'istruzione particolareggiata del meccanico chauffeur sull'automobile in tutte le sue più svariate applicazioni, compresi i motoscafi e gli elettromobili, 6ª ediz. aggiornata di pag. XXIII-1046 con oltre 1006 inc. e tavola . . . . 34 —
Chauffeur di sè stesso. Man. pratico ad uso di chi guida la propria autom. senza chauffeur, di G. PEDRETTI. 3ª ediz. di pag. XIX-631 con 416 fig. e 12 tav. . 28 —
Chiaroscuro (Teoria delle ombre e del), di E. BONCI. 4ª ediz. rifatta, di pag. XVI-334, con 120 figure e 17 tavole fuori testo. . . . . 15 —
Chimica di H. E. ROSCOE, 8ª ediz. a cura E. Ricci, di pag. VIII-238 . . . . 9 —
Chimica (Storia della) di E. MEYER. Ediz. ital. a cura dei Dott. U. e C. GIUA e prefazione di I. GUARESCHI, di pagine XXVIII-721 . . . . 15 —
Chimica agraria — vedi: Alcool - Birra - Casaro - Caseificio - Densità dei mosti - Distillazione vinacce - Enologia - Fecola - Fermentazione e fermenti - Fosfati - Humus - Liquorista - Malattie vini - Terreno agrario - Zucchero.

Chimica analitica di W. Ostwald, trad. di A. Bolis, 2ª edizione, di pagine xvi-296 (esaurito).

Chimica applicata alla igiene — vedi: Analisi chimica qualitativa - Bromatologia - Chimica clinica - Chimica legale - Chimica delle sostanze alimentari - Disinfezioni - Elettrochimica - Farmacista - Igienista - Reattivi e reaz. - Spettrofotometria - Urina - Orologia - Veleni.

Chimica applicata alle industrie — vedi : Acido solforico - Alcool industriale - Alluminio - Birra - Chimica sostanze alimentari, coloranti - Chimico - Conservazione prodotti, sostanze - Colori e vernici - Distillazione legno - Enologia - Esplodenti - Industria della carta, frigorifera, saponiera, stearica, tartarica, tintoria - Metallocromia - Merceologia - Pirotecnia - Prodotti e procedimenti - Ricettario domestico, dell'elettricista, industriale - Sale e saline - Soda caustica - Specchi - Tintore - Vetro - Zolfo - Zucchero.

Chimica-fisica (Elementi di) di A. Angiolani. Basi dell'essere e del trasformarsi della materia e dell'energia nei corpi, secondo le idee scientifiche attuali, spiegate in modo accessib. a tutti, di pag. vii-273 9 50

Chimica fotografica di B. Namias, 2ª edizione . . 7 50

Chimica generale per gli Istituti tecnici di P. E. Alessandri. Svolgimento dell'intero programma di esame prescritto per tutte le Sezioni, 2ª ediz. riveduta, di pag. xvi-437 con 20 tavole e 95 incisioni 16 50

Chimica industriale e sue applicaz. alla vita pratica e per l'insegnamento professionale, di C. Claudi. 2ª ediz. di pag. xxxv-739 con 267 inc., 3 tav. e 22 tabelle . . . . 24 —

Chimica legale (Tossic.) di N. Valentini di pag. xii-245 5 —

Chimica dell'operaio. Nozioni elementari di chimica teorica ed applicata alle industrie, di I. Ghersi, di pag. xii-377 con 26 illustrazioni 12 50

Chimica delle sostanze alimentari ad uso dei Medici, dei Farmacisti, ecc., di P. E. Alessandri. 2ª ed. di pag. xv-627, due tavole e 149 incis. (esaurito).

Chimica delle sostanze coloranti (Tintura delle fibre tessili) di A. Pellizza, di pag. viii-480. Raccolta di tabelle, di dati fisici e chimici e di processi d'analisi tecnica. (In ristampa).

Chimico-industriale (Manuale del) di L. Gabba, 6ª ediz. riveduta ed ampliata da E. Molinari e F. De Bacho. Pag. xxvii—625 con app. a parte di 12 tab. 32 —

Chiromanzia e tatuaggio di G. L. Cerchiari, di pagine xx-232 e 60 illustrazione (esaurito).

Chitarra (Studio della) di A. Pisani, di pag. xvi-155 con 52 fig. e 27 esempi. 3ª edizione 8 50

Cibi — vedi: Aromatici - Bromatologia - Carni conservate - Conservazione sostanze alimentari - Macelli moderni - Pane - Pasticciere - Pastificio - Patate - Funghi.

Ciclista (Manuale del) di U. Grioni, 3ª ediz., di pag. xvi-496, 285 incis. e 8 tavole . . . . 8 —

Cinematica — vedi : Meccanica razionale.

Cinematografia (Guida pratica della) di V. MARIANI, 2ª ediz. riveduta ed ampl. di pag. XII-364, e 183 illustr. 22 50
Città moderna (La) ad uso degli ingegneri, di A. PEDRINI, di pag. XX-510 con 194 fig. e 10 tavole . . . 12 —
Civiltà antiche (Storia delle) in Italia, ossia Paleoetnologia, dalle origini al 5° sec. A. C., di G. PINZA. Pag. XI-386, con 94 tav. e centinaia d'illustrazioni documentate 28 50
Classificazione delle scienze. di C TRIVERO, di pagine XVI-292 . . . . 3 —
Codice del bollo. Testo unico commentato da E. CORSI, di pag. C-564 . . . . 4 50
Codice cavalleresco italiano di J. GELLI, 13ª ediz, di pag. 336 . . . . 15 —
Codice civile del Regno, riscontrato e coordinato da L. FRANCHI, 7ª ediz. con appendice, di pag. 243 . 6 —
Codice di commercio, riscontrato da L. FRANCHI, 8ª edizione di pag. IV-230 . . . . 7 50
Codice doganale italiano, commentato da E. BRUNI, di pag. XX-1078 . . . . 6 50
Codice dell'Ingegnere Civile, Industriale, Navale, Elettrotecnico, di E. NOSEDA, 2ª ediz. rifatta, di pag. XXIV-1005 (In ristampa).
Codice nuovo del lavoro. Manuale di legislazione sociale, di E. NOSEDA, di pag. XXIII-605 . . . 8 50
Codice per la Marina mercantile col regolamento per l'esecuz. e append. (assist., casse, infort., radiotelegr. tasse, diritti, urto, ecc.), di L. FRANCHI. 5ª edizione di pag. 458 . . . . 13 50
Codice penale e nuovo codice di procedura penale, a cura di L. FRANCHI, 7ª ediz. di pag. 246 . . . 7 50
Codice penale per l'esercito e penale militare marittimo per L. FRANCHI, 5ª ediz. colle disposizioni emanate per la Guerra di pag. 290 . . . . . 4 50
Codice del perito misuratore di L. MAZZOCCHI e E. MARZORATI, 3ª ediz. 22 50
Codice di procedura civile, riscontrato da L. FRANCHI, 5ª edizione di pag. 179 . . . . 7 50
Codice del teatro di N. TABANELLI, di pag. XVI-328 . 5 —
Codici (I cinque) del Regno d'Italia (Civile - Procedura civile - Commercio - Penale e nuovo Cod. di Proced. penale), ediz. Vade-mecum, a cura di L. FRANCHI, 7ª ediz., di pag. 917 in carta Oxford, leg. tipo pelle 30 —
Codici e leggi usuali d'Italia, riscontrati sul testo ufficiale e coordinati e annotati da L. FRANCHI, raccolti in sette grossi volumi legati in pelle:

Vol. I. Codici — **Codice civile - di procedura civile - di commercio - penale - procedura penale - della marina mercantile - penale per l'esercito - penale militare marittimo** (Vedi sopra i singoli codici).

Vol. II. **Leggi usuali d'Italia.** Raccolta coordinata di tutte le leggi speciali più importanti e di più ricorrente ed estesa applicazione in Italia; decreti regolam., ecc. Parte I. Dalla voce « Abbordi di mare » alla voce « Croce rossa », 3ª ediz. di pag. XII-1320 . 18 50

Parte II. Dalla voce « Dazio consumo » alla voce « Mutuo soccorso » 3ª ediz. di pag. 1321 a 2744 18 50
Parte III. Dalla voce « Navigazione interna » alla voce « Stazzatura » di pag. 2725 a 3605 . . . 16 50
Parte IV. Dalla voce « Strade ferrate » a fine, da pagina 3606 a 4670 . . . . 26 50
— *vedi*: Leggi e convenzioni sui diritti d'autore.

Coleotteri italiani di A. GRIFFINI, di pag. XVI-334 e 215 incisioni (in ristampa).

Collaudazione di materiali di V. GOFFI, di pag. XV-260, 25 incisioni e 8 tavole . . . . 8 —

Collaudo delle macchine elettriche (Manuale per il) di G. BIANCHI. Pag. XVI-463 con 128 incisioni . . 18 50

Colle animali e vegetali, gelatine e fosfati d'ossa, di A. ARCHETTI, di pag. XVI-195 . . . . 6 —

Colombi domestici e colombicoltura di P. BONIZZI, 4ª ediz. rifatta di pag. X-212 e 26 incisioni . . . 7 50

Colonie. Manuale coloniale, di P. REVELLI, pubblicato per cura della Società di Esplorazioni Geografiche di Milano, di pag. XII-240 . . . . 7 —

Colonie. Elenco delle località abitate nelle Colonie italiane, di C. TRIVERIO. Pag. IV-66 con 4 carte geogr. 1 50

Colorazione metalli - vedi : Metallocromia.

Colori (La scienza dei) e la pittura, di L. GUAITA, 2ª edizione, di pag. IV-368 (in ristampa).

Colori e vernici, ad uso dei pittori di M. MEYER e P. BONOMI DA-PONTE. 6ª ediz. di pag. XVI-330 con 39 incisioni 9 50

Colori e vernici (Industria dei). Materie prime, fabbricazione, applicazioni, di E. RIZZINI, di pag. XVI-564, con 142 figure e 10 tavole . . . . 12 —

Coltivazione cotone — vedi: Cotone.

Coltivazione industriale delle piante aromatiche e medicinali di C. CRAVERI, di pag. XXIX-307 con 75 incisioni e 24 tavole a colori. . . . . . 24 —

Coltura montana di G. SPAMPANI, di pag. VII-424 e 171 incisioni . . . . 9 —

Commerciante (Manuale del) di C. DOMPÉ, ad uso della gente di commercio e degli Istituti d'istruzione commerciale, corredato di oltre 200 moduli, quadri, esempi, tavole dimostrative e prontuari. 6ª edizione aggiornata ed accresciuta. 1922, di pag. XXIV-736. 24 —

Commercio (Storia del) di R. LARICE, 4ª ed., di pag. 361 9 —

Commercio — vedi ai singoli titoli: Affari - Codice di comm., doganale - Corrispondenza - Geografia economic, commerciale - Produzione e commercio vino - Scritture affari - Storia del Comm. - Usi mercantili.

Commissario giudiziale — vedi: Curatore dei fallimenti.

Commozione cerebrospinale. Studio anatomico chimico sperimentale del Dott. F. PEDRAZZINI. Pagine XVI-170 con 13 incisioni 3 50

Compensazione degli errori e rilievi geodetici di F. CROTTI di pag. IV-160 . . . . 2 —

Computisteria di V. Gitti:
Vol I. **Computisteria commerciale,** 10° ediz. riveduta di pag. xii-214 . . . . 7 50
Vol. II. **Computisteria finanziaria,** 8ª ediz. riveduta. Pag. viii-190 . . . . 7 50

Computisteria agraria di L. Petri, 4ª ediz. riveduta di pag. xii-221 . . . . 7 50

Concia delle pelli. L'arte del conciatore, del cuoiaio e del pellicciaio, di G. Venturoli. 5ª ediz. di pagine xvi-200 . . . . 7 50

Concia e tintura delle pelli di V. Casaburi, di pag. 445 e 30 tabelle (in ristampa).

Conciatore (Manuale del) di A. Gansser, di pagine xxii-488 con 31 incisioni e 2 tav. 2ª ediz. rifatta completamente . . . . 20 —

Conciliatore (L'ufficio di Conciliazione) di C. Capalozza, 2ª ediz. interamente rifatta di pag. xlviii-498 16 —

Concimi di A. Funaro, 4ª ediz. di pag. vi-326 . . 12 —

Conducente automobili — vedi: Chauffeur.

Congelamenti. Patogenesi e cura del Maggiore Medico P. Casali e Capitano Medico F. Pullè, con prefazione del Prof. Luigi Devoto, di pag. xvi-365, con 117 illustrazioni 6 50

Conifere (Le) **da rimboschimento** di C. Craveri, di pag. xii-322 con 85 figure . . . . 8 —

Coniglicoltura pratica di G. Licciardelli, 8ª ediz., aumentata, di pag. 396, con 172 incisioni, 12 tavole colorate 7 50

Conservazione delle sostanze alimentari, di G. Gorini, 5ª ediz. a cura Franceschi e Venturoli, di pagine viii-231 . . . . 10 —

Conserve alimentari (L'industria delle) di G. D'Onofrio, di pagine xx-654, con 165 incisioni (d'imminente pubblicazione).

Consigli pratici — vedi: Assistenza infermi - Infortuni lavoro - Liquorista - Medicina d'urgenza - Pasticciere e confetiere - Ricettario domestico - Ricettario dell'elettricista - Ricett. fotografico - Ricett. industriale - Ricettario di metallurgia - Soccorsi d'urgenza

Consoli, Consolati e Diritto consolare, di M. Arduino, di pag. xv-277 . . . . 3 —

Consorzi difesa del suolo. Idraulica, rimboschimento, di A. Rabbeno, di pag. viii-296 . . . . . 3 —

Contabilità bancaria di A. Falco, 2ª ediz. rifatta ed aggiornata di pag. xi-292 con prospetti e modelli fuori testo . . . . 22 —

Contabilità comunale di A. De Brun, 3ª ediz., curata dall'avv. G. Merla di pag. xii-740 . . . . 16 50

Contabilità e amministrazione imprese elettrotecniche di F. Miola, di pag. xvi-262 . . . . 7 50

Contabilità generale dello Stato di E. Bruni, 4ª edizione, di pag. xvi-457 (esaurito).

Contabilità — vedi: Computisteria - Ragioneria - Scritture.

Contatori elettrici di F. Clementi, di pag. xvi-291 con 67 illustrazioni 13 50

Contrappunto di G. BERNARDI (in ristampa).
Contratti e collaudi di lavori edili di F. ANDREANI, 2ª ediz., di pag. XVI-355 . . . . 15 —
Conversazione francese-italiana di E. BAROSCHI-SORESINI, 2ª ediz., di pag. XV-288 (in ristampa).
Conversazione italiana neo-ellenica di E. BRIGHENTI, di pag. XII-143 . . . . 4 —
Cooperative — vedi: Ragioniere cooperativo.
Cooperative rurali di V. NICCOLI. 2ª ediz., di pagine VIII-394 (in ristampa).
Cooperazione nella Dottrina e nella Legislazione di F. VIRGILII, 2ª ediz. pag. XII-234 . . . . . . 9 —
Corano (Il). Versione letterale italiana, di A. FRACASSI, di pag. LXIV-463 (esaurito).
Corano. Testo arabo e versione letterale italiana a fronte, di A. FRACASSI, di pag. LXX-700 (leg. in pergam.). 14 50
Correnti alternate di A. MARRO, 3ª ediz. di pag. XLVIII-862 con 379 incis. e 81 tabelle (in ristampa) si sostituisce per ora col trattato SARTORI (Biblioteca tecnica in 8° gr. di pag. 600 con 404 inc. L. 36).
Corrispondenza bancaria di A. FALCO, 2ª ediz. rifatta. Pag. VIII-347 . . . . 12 —
Corrispondenza commerciale poliglotta, Italiana, Francese, Tedesca, Inglese, Spagnuola e Portoghese, di G. FRISONI, in sei parti:
I. **Parte italiana,** 8ª ediz., di pag. XX-520 (con vocabolario poliglotta). . . . . 16 —
II. » **spagnuola,** 2ª ediz., di pag. XXIV-515 12 50
III. » **francese,** 5ª ediz., di pag. 545 (con vocabolario poliglotta) . . . . . . 16 —
IV. » **inglese,** 3ª ediz., di pag. XX-531 . . 12 50
V. » **tedesca,** 3ª edizione di pag. XX-512. 12 50
VI. » **portoghese,** di pag. XVI-511 . . . 9 50
Corrispondenza commerciale russa di I. REEKSTIN. Pag. XXX-280 con 192 lettere ed esempi e vocab. italiano-russo e russo-italiano . . . . 12 —
Corrispondenza telefonica. Norme di servizio, ecc., di O. PERDOMINI, di pag. XII-375 . . . . . . 3 50
Corse. Dizionario delle voci più in uso, di G. FRANCESCHI, di pag. XII-305 . . . . 2 50
Corti d'Assise. Guida dei dibattimenti, di C. BALDI, di pag. XX-401 . . . . 3 50
Cosmografia (Lezioni di) di G. BOCCARDI (in sostituzione del Manuale del LA LETA), di pag. XII-233, con 20 incis. e 2 tavole 4 50
Costruttore (Il) navale e a geometria della nave. di G. ROSSI, 3ª edizione rifatta. 1922, di pagine XX-1126, con 859 figure, 2 quadri fuori testo, 76 tabelle e nomenclatura in Italiano, Francese, Inglese e Tedesco . . . . 42 —
Costruzione, trazformazione, ed ampliamento delle città. compilato sulla traccia dello Städtebau di I. Stübben ad uso degli Ingegneri, Architetti, Uffici tecnici ed Amministrazioni municipali da A. CACCIA, pag. XII-287, con 270 incisioni 8 50

Costruzioni — vedi: Abitazioni - Appalti - Architettura - Calcestruzzo - Calci - Capomastro - Casette popolari - Cemento armato - Città - Città (La) moderna - Codice dell'Ingegnere - Contratti e collaudi - Costruz. enotecniche, lesionate, metalliche, rurali - Fabbricati civili - Fabbricati rurali - Fognatura - Ingegnere civile - Ingegnere costruttore meccanico - Laterizi - Muratore - Peso metalli - Progettista moderno - Prontuario agricoltore ing. rurale - Riscaldamento - Stime di lavori edili.

Costruzioni in cemento armato di G. BALUFFI, 3ª ediz. aumentata, di pag. 350 con 114 incisioni . . 11 50

Costruzioni enotecniche di S. MONDINI, di pag. IV-251, con 53 incisioni 4 50

Costruzioni lesionate. Cause e rimedi di I. ANDREANI, 2ª ediz. di pag. XII-243 con 122 incisioni . . . 9 50

Costruzioni rurali — vedi: Fabbricati rurali.

Costruzioni rurali in cemento armato, di A. FANTI, 2ª ediz. completamente rifatta, di pag. XVI-382, con 160 inc. 14 50

Cotone (Guida per la coltivazione del), di C. TROPEA, di pag. X-165 e 21 incisioni. . . . . 4 —

Crestomazia neo-ellenica di E. BRIGHENTI, di pagine XVI-405 . . . . 10 —

Cronistoria della guerra mondiale di F. QUINTAVALLE: I. Dal Congresso di Berlino (luglio 1878) agli Armistizi (novembre 1918), pag. XXXIV-800 . . 24 —

II. Dagli Armistizi (novembre 1918) alla firma dell'ultimo trattato di pace (novembre 1920), pagine XII-931 . . . . 32 —

(Questi 2 volumi costituiscono una storia cronologica completa rigorosamente esatta, della guerra mondiale con speciale riguardo all'Italia).

Cronologia e calendario perpetuo di A. CAPPELLI, di pag. XXXIII-421 . . . . 11 —

Cronologia delle scoperte e delle esplorazioni geografiche di L. HUGUES, di pag. VIII-487 . . . 9 —

Cubatura dei legnami rotondi e squadrati di G. BELLUOMINI, 16ª ediz., di pag. 253 . . . . . 8 50

Cultura e vita greca (Disegno storico della), di D. BASSI ed E. MARTINI, di pag. XVI-79 con 107 figure e 13 tavole . . . . 18 —

Cuore (Il). Suoi mali e sue cure, di G. FORNASERI, di pagine XII-421, con 99 figure . . . . 9 —

Cuore (Terapia fisica del) di L. MINERVINI, di pag. XII-475 . . . . 11 —

Curatore (Manuale teorico-pratico del) **di fallimento e del Commissario Giudiziale nel concordato preventivo e nelle procedura di piccolo fallimento** di L. MOLINA. 3ª edizione completamente aggiornata di pag. XXXII-885 . . . . 36 —

Curve circolari e raccordi. Tracciamento delle curve, di G. FERRARIO (in ristampa).

Curve graduate e raccordi pei tracciamenti ferroviari di C. FERRARIO, di pag. XX-251, 25 tav. e 41 fig. 4 50

Curve delle ferrovie e strade carrettiere. (Manuale pel tracciamento) di G. H. A. KRÖHNKE, trad. di L. Loria, 4ª ediz, di pag. 168 . . . . 6 —
Dama (Il giuoco della) all'italiana, di L. AVIGLIANO, di pag. 287, con 200 diagrammi e 2 tavole 7 50
Dattilografia. Manuale teorico pratico di scrittura a macchina, di I. SAULLE, pag. XII-225. (in ristampa).
Dazi doganali del Regno d'Italia (Tariffa dei) al 1° maggio 1909, di G. MADDALENA, di pag. 152 . . 1 50
Debito pubblico italiano di E. BRUNI, di pag. XII-444 3 50
Decorazione — vedi: Pittura murale.
Demografia di E. PASSADORO. Propedeutica allo studio delle scienze sociali, di pag. XII-427 . . . 16 —
Densità mosti — vedi: Mosti.
Determinanti e applicazioni di E. PASCAL, 2ª ediz. riveduta ed ampliata, di pag. VIII-392 . . . . 16 50
Diabete mellito e sua cura di A. RODELLA, 2ª ediz. di pag. XVI-204 . . . . 5 —
Dialetti italici, grammatica, ecc. di O. NAZARI, di pagine XVI-364 . . . . 3 —
— vedi anche **Italia dialettale.**
Dialetti letterari greci di G. BONINO, pag. XXXII-214 1 50
Didattica — Vedi: Pedagogia, Vol. III.
Dilettante pittura — vedi: Pittura per dilettanti.
Dinamica — vedi: Meccanica razionale.
Dinamometri. Misura delle forze e loro azione lungo determ. trajettorie, di L. CAMPAZZI. Pag. 293 e 132 incisioni . . . . 3 —
Diplomazia e agenti diplomatici di M. ARDUINO, di pag. XII-269 . . . . 6 —
Diritti d'autore — vedi: Codici e leggi, Vol. III (pag. 14).
Diritti e doveri dei cittadini, ad uso delle scuole di D. MAFFIOLI, 15ª edizione, di pag. XVI-233 . . 6 —
Diritto amministrativo e cenni di Diritto costituzionale di G. LORIS, 12ª edizione di pag. 510 . 12 —
Diritto amministrativo — vedi: Codice doganale - Legge sanità - Legislazione sanitaria - Morte vera - Municipalizzazione servizi - Polizia sanitaria - Ricchezza mobile.
Diritto civile. Compendio di G. LORIS, 9ª ediz. p. 420 10 —
Diritto civile — vedi: Camera di Consiglio - Codice civile - Codice procedura civile - Codice dell'Ingegnere - Conciliatore - Diritti e doveri - Diritto italiano - Lavoro donne - Legislazione acque - Legislazione rurale - Notaio - Prontuario legislativo - Proprietario di case - Testamenti.
Diritto commerciale italiano di E. VIDARI, 4ª ediz. di pag. X-448 (in ristampa).
Diritto costituzionale di F. P. CONTUZZI, 3ª ediz. di pag. XIX-456 (in ristampa).
Diritto ecclesiastico di G. OLMO, 2ª ediz. di pag. XVI-488 . . . . 3 —
Diritto internazionale penale di S. ADINOLFI, di pagine VIII-258 . . . . 3 —

Diritto internazionale privato di F. P. Contuzzi, 2ª ediz. di pag. xxxix-626 . . . . 7 50
Diritto internazionale pubblico di F. P. Contuzzi, 27 edizione, di pag. xxxii-412 (esaurito).
Diritto italiano di G. L. Andrich, di pag. xv-227 . 3 —
Diritto marittimo italiano di A. Sisto, 2ª ediz. di pag. l-471 . . . . 15 —
Diritto penale romano di C. Ferrini, 2ª ediz., di pagine viii-360 . . . . 4 50
Disegnatore meccanico di V. Goffi, 8ª ediz. rived., riord., corr. ed ampl. da C. Goffi, pag. xxviii-574 con 500 inc. . . . . 20 —
Disegno (Principii di), e gli stili dell'ornamento di C. Boito. 6ª ediz. di pag. xii-182 con 61 inc. e appendice di A. Melani: L'insegnamento dell'arte decorativa di pagine 250 con 50 incisioni 8 50
Disegno (Corso di) di J. Andreani, 4ª ediz, di pag. viii-93 e 80 tavole 5 50
Disegno (Grammatica del) di E. Ronchetti, di pag. iv-190 con 96 fig. e atlante di 106 tavole . . . . 15 —
Disegno assonometrico di P. Paoloni, di pag. iv-122 con 23 fig. e 21 tav. (in ristampa).
Disegno geometrico di A. Antilli, 5ª ediz., di pagine xii-88 e 28 tav. doppie e 6 fig. nel testo . . 9 50
Disegno industriale di E. Giorli, 7ª ediz. riveduta ed ampliata di pag. vi-395 con 554 problemi e 512 incis. 10 —
Disegno di proiezioni ortogonali di D. Landi, 2ª ediz., di pag. viii-152 con 132 fig. (esaurito).
Disegno topografico (Atlante-testo di) di G. Del Fabro. Pag. 180 con 53 inc. e 40 tavole in grande formato, parte a colori 22 50
Disinfezione pubblica e privata di P. E. Alessandri e L. Pizzini, 2ª ediz. di pag. viii-258 e 29 inc. . . 2 50
— Vedi: Profilassi e disinfezione.
Distillazione. Vinacce - Vino - Frutta fermentate di M. Da Ponte. Amidacei - Erbe aromatiche - Fiori, ecc. Estrazione del cremore di tartaro, dell'olio dai vinaccioli, dei succhi dolci fermentescibili, ecc. Sterilizzazione del succo d'uva, fabbricazione dei vini spumanti. Preparazione dell'acquarzente (cognac), delle bibite alcooliche ed analcooliche. 4ª ediz. interamente rifatta. 1922, di pag. xxx-847, con 106 figure nel testo 37 50
Disturbi (I) mentali di L. Lugiato. Patologia speciale delle anomalie dello spirito (Psicosi da intossicazione esogene e luetiche - La pellagra - Deliri infettivi e da esaurimento - I frenastenici - Psicosi tiroidee - Le cerebropatie degli adulti e dei vecchi - La criminalità - I pervertimenti sessuali - L'epilessia - L'isterismo - La neurosi traumatica - La nevrastenia - La demenza precoce - Le parafrenie - La paranoia - Le psicosi affettive - Gli inclassificabili - Il genio - La simulazione della pazzia). 1922, di pag. xx-839, con 55 illustrazioni nel testo . . . . 36 —

Dizionario di abbreviature latine e italiane di A. CAPPELLI. 2ª ediz. di pag. LXVIII-528 . . . . . 14 —
Dizionario di aeronavigazione e costruzioni aeronautiche italiano-francese-inglese-tedesco di MELE-DANDER. Pag. 240 . . . . 6 50
Dizionario albanese — vedi: Albanese parlato.
Dizionario alpino italiano di E. BIGNAMI-SORMANI e C. SOLARI, di pag. XXII-310 . . . . 3 50
Dizionario araldico di G. GUELFI-CAMAJANI. 2ª ediz. ampliata, di pag. XI-816, e 569 inc. e tav. a colori. 30 —
Dizionario d'architettura — vedi: Architettura.
Dizionario bibliografico di C. ARLIA, di pag. 100 . 1 50
Dizionario biografico universale di G. GAROLLO, due volumi di pag. 1118 a 2 colonne . . . . . . 50 —
Dizionario di botanica generale di G. BILANCIONI, di pag. XX-926 . . . . 20 —
Dizionario commerciale fraseologico Italiano-Inglese e Inglese-Italiano di F. A. MARANGONI. Pag. VIII-358 . . . . 9 50
Dizionario dei Comuni e frazione di Comuni del Regno d'Italia, di C. TRIVERIO, con un elenco delle località abitate nelle Colonie italiane, di pagine XII-512, 3ª ediz. . . . . 25 —
Dizionario croato — vedi: Dizionario jugoslavo.
Dizionario enologico di A. DURSO-PENNISI, di pag. VIII-465 con 161 inc. . . . . 10 —
Dizionario Eritreo-Italiano-Arabo-Amarico, raccolta dei vocaboli più usati nelle principali parlate nella Colonia Eritrea, di A. ALLORI 2 50
Dizionario francese-italiano tascabile di G. LEBOUCHER, con indic. della pronuncia, 2ª ediz., p. LXIV-555 12.50
Dizionario geografico universale di G. GAROLLO, 2ª ediz. di pag. XII-1451 (in corso di stampa).
Dizionario Italiano-Giapponese di S. CHIMENZ, di pag. XVIII-219 . . . . 3 —
Dizionario giuridico — vedi: Dizionario Legale.
Dizionario Greco moderno-Italiano e viceversa, di E. BRIGHENTI. Parte 1ª: Greco-italiano . . . 16 —
Parte 2ª: Italiano-greco (esaurito).
Dizionario italiano-inglese e inglese-italiano di J. WESSELY, 1ª ediz. a cura di G. Rigutini e G. PAYM di pag. VI-226-190 . . . . 8 50
Dizionario inglese ed italiano della terminologia italiana commerciale e navale — vedi: Dizionario comm. - Dizionario nav.
Dizionario Hoepli della lingua italiana, compilato da G. MARI – vedi Vocabolario.
Dizionario pratico jugoslavo-italiano e italiano-jugoslavo (ossia serbocroato) di G. BILINIC. Preceduto da una gramm. e sint. Pag. VIII-917 a 2 col. 30 —
Dizionario legale di S. TRINGALI, di pag. XVI-1386 . 20 —
Dizionario milanese-italiano e italiano-milanese di C. ARRIGHI, 2ª ediz. di pag. 912 . . . . . 8 50
Dizionario navale inglese-italiano e italiano-inglese di W. T. DAVIS. Pag. VIII-356 . . . . . 12 50

Dizionario portoghese-italiano e italiano-portoghese di G. FRISONI. Pag. XII-300 (in ristampa).

Dizionario Russo-Itatiano e italiano-russo, di V. FOMIN. Con frasario pratico e due grammatichette italiana e russa. Pag. x-812 . . . . 18 —

Dizionario di scienze filosofiche di C. RANZOLI, 2ª ediz. aumentata e corretta. (d'imminente pubblic.).

Dizionario di scienze occulte di A. PAPPALARDO, Piccola enciclopedia di opere e fatti concernenti la magia, l'astrologia, l'alchimia, la chiromanzia, la metoscopia, la fisiognomica, frenologia, l'oneiromanzia, necromanzia, cabala, demonologia, spiritismo e teosofia. 2ª ediz. riveduta e corretta. Pag. VIII-365 . 14 —

Dizionario serbo – Vedi sopra: Dizionario jugoslavo.

Dizionario simboli — vedi: Simboli.

Dizionario Spagnuolo-Italiano e Italiano-Spagnuolo di G. FRISONI:

I. **Italiano-Spagnuolo.** Vol. di 1018 pagine lire 12 50, legato 18 50

Dizionario etimologico stenografico di E. MOLINA, Sist. Gabelsberger - Noè, prec. da un sunto di gramm. teorica della stenogr., 2ª ediz. di pag. XVI-624. 28 —

Dizionario tecnico in quattro lingue di E. WEBBER e OFFINGER:

I. **Italiano-Tedesco-Francese-Inglese,** 4ª ediz. corretta di pag. VI-290 a 2 colonne 12 50

II. **Deutsch-Italienisch-Franzosisch-Englisch,** 4ª edizione, di pag. XII-300 a 2 colonne . . . . . 25 —

III. **Français-Italien-Allemand.Anglais,** 2ª ediz. di pag. 685 . . . . 12 50

IV. **English-Italian-German-French,** 2ª ediz. aumentata di oltre 5000 termini di pag. IV-921 . . 18 —

Dizionario tecnico in sei lingue — vedi: Vocabolario tecnico.

Dizionario (Nuovo) **tedesco-italiano e italiano-tedesco** di G. LOCELLA, 11ª ediz. rifatta, di pag. VI-242 50

Dizionario italiano-tedesco e tedesco-italiano di G. SACERDOTE redatto con l'indicaz. della pronunzia e dell'accentuaz. secondo il sistema fonetico Toussaint-Langescheidt. Ediz. riv., di pag. XII-470, XXXII-480 24 —

Dizionario vademecum dell'infermiera — vedi: Infermiera.

Dogana — vedi: Affari - Codice doganale - Codici e Leggi usuali d'Italia, Vol. II, Parte 1° - Commerciante - Dazi doganali - Trasporti e tariffe.

Doveri del macchin. navale di V. GOFFI, di pag. XVI-310 3 50

Droghe e piante medicinali (Materia medica vegetale e animale) di P. A. ALESSANDRI, 2ª edizione di pag. XV-778, con 207 incisioni . . . . . . 12 —

Droghiere (Man. del) di L. MANETTI (in ristampa).

— vedi anche Codice cavalleresco – Scherma.

Economia industriale (Elementi di) di V. TOSI. Pagine XXXIX-370 . . . . 6 50

Economia matematica di F. VIRGILII e C. GARIBALDI, di pag. XII-210 e 19 incisioni. . . . . 3 —

Economia politica di W. JEVONS, trad. L. Cossa, 8ª edizione, di pag. XV-180 (in corso di stampa).

Einstein - Vedi : Relatività.
Elettricista — vedi: Ricettario dell'elettricista.
Elettricità di FLEMMING JENKIN, traduzione di R. Ferrini, 5ª ediz. rived., di pag. XII-237 (in ristampa).
Elettricità — vedi: Cavi telegrafici - Collaudo macch. elettr. - Contabilità imprese elettrotecniche - Correnti elettriche - Elettricità agraria - Enciclop. galvanica - Frodi sui misuratori elettrici - Galvanizzazione - Illuminazione - Ingegnere elettricista - Macchine elettriche - Metallocromia - Onde Hertziane - Operaio elettrotecnico - Pila elettrica - Radioattività - Radiotelefonia - Ricettario dell'elettricista - Röntgen - Sovra-tensioni - Telefono - Telegrafia - Unità assolute.
Elettricità agraria di C. MALANDRA. Le applicazioni agricole dell'elettricità. Volume di pag. 400, con 112 incisioni e numerose tavole e diagrammi fuori testo 22 50
Elettricità e materia di J. J. THOMSON, trad. di G. Faè, di pag. XL-299 e 18 figure (in ristampa).
Elettricità (Influenza dell') sulla vegetazione e sui prodotti delle industrie agrarie di A. BRUTTINI, di pagine XVI-459 e 59 figure . . . . 6 —
Elettricità termica — vedi: Riscaldamento elettrico.
Elettrochimica di A. COSSA, pag. VIII-104 (in ristampa).
Elettrotecnica (Principii di) di F. DESSY, di pag. XII-128, 2ª edizione . . . . 12 —
Elettrotermica di ROMOLI-VENTURI, di pag. XI-300, 180 fig. e una tavola a colori . . . . 15 —
Elettromobile (L') (veicoli elettrici ad accumulatori). Con brevi note sulla utilizzazione del » Carbone bianco » e sull' « Accumulatore leggero Edison » di U. TUCCI, di pag. XX-324, con 109 illustrazioni. . 15 —
Elettrotecnica — vedi sopra: Elettricità.
Elettrotecnico — vedi: Ingegnere elettric. - Operaio elettrotec.
Elioterapia (L') in alta montagna e trattamento della tubercolosi, di O. BERNHARD, traduzione di R. Curti, di pag. VII-125 con 49 tavole 5 50
Elioterapia (L') nella pratica medica e nell'educazione, di G. B. ROATTA, pag. XV-155, 77 tav. (in ristampa).
Eloquenza civile e sacra di L. ASIOLI, di pag. IV-290. 4 50
Embrione umano. Embriogenia e organogenia dell'uomo di C. FALCONE, di pag. XV-431, e 90 inc. 8 50
Emigrazione ed immigrazione di M. ARDUINO, di pagine X-248 . . . . 3 —
Enciclopedia bancaria — vedi : Banca.
Enciclopedia Hoepli (Piccola) 2ª ediz. completamente rinnovata dal dott. G. GAROLLO:
Vol. I. - lettere A-D, di pag. X-1522.
Vol. II. - lettere E-M, pag. 1523 a 3114.
(Il Vol. III ed ultimo è in corso di stampa).
Enciclopedia meccanica-tecnologica illustrata di S. DINARO. Per aspiranti capitecnici, aggiustatori, tornitori, fucinatori, capi meccanici, ecc. In base ai programmi delle scuole industriali. Pag. 1300 con 1000 inc. originali dell'Autore. (Opera premiata dalla Camera di Commercio e Industria di Genova). 42 —

Energia fisica di R. FERRINI, 2ª edizione, di pag. VIII-187 e 47 incisioni 1 50

Enfiteusi (L') e le affrancazioni dei canoni, livelli ed altre prestazioni enfiteutiche. Storia del diritto enfiteutico - L'affranco nel diritto civile e nel diritto positivo - Testo delle leggi d'affranco ed applicazioni pratiche, di A. LAGHI. Pag. 276 . . . 9 —

Enimmistica. Enimmi, sciarade, rebus, ecc., di D. TOLOSANI, di pag. XII-516 e 29 illustr. (esaurito).

Enologia di O. OTTAVI, 9ª ed. rifatta da D. TAMARO con appendice sulla « Botte unitaria » pei calcoli relativi alle botti circolari di R. Bassi, p. VIII-340 con 50 inc. 12 50

Enologia domestica di R. SERNAGIOTTO, 2ª ediz., di pag. XIV-223, con 26 inc. . . . . 3 —

Enologia — vedi: Ampelografia - Bottaio - Cantiniere - Costruzioni enotecniche - Densità dei mosti - Distillazione - Dizionari enologico - Liquorista - Malattie vini - Mosti - Produzione del vino - Tannini - Uva - Vini bianchi - Vini speciali - Vino.

Epidemie esotiche di F. TESTI, di pag. XII-203 . . 2 —

Epigrafia cristiana di O. MARUCCHI, di pag. VIII-453 con 30 tavole 12 50

Epigrafia italiana moderna di A. PADOVAN, di pag. XXVI-270 . . . . 6 —

Epigrafia latina di S. RICCI, di pag. XXXII-448 e 55 tav. 6 50

Epilessia. Eziologia, patogenesi e cura, di P. PINI, di pag. X-277 . . . . 2 50

Equazioni integrali lineari (Teoria delle) di G. VIVANTI, di pag. 414 . . . . 7 50

— vedi: Algebra complementare.

Equilibrio dei corpi elastici (Teoria matem. dell') di R. MARCOLONGO, di pag. XIV-316. . . . . . 4 50

Equitazione (Manuale di) di A. GIANOLI, di pag. XVI-215 con 57 incisioni. 9 50

Eritrea. Storia, geografia e note statistiche, di B. MELLI, di pagine XII-164 . . . . 4 —

Español comercial (El) por G. FRISONI. 50 lecciones practicas Tecnol., fraseol., terminol. e correspondencia mercantil, dialogos, lecturas, ecc. Pag. XII-557 16 —

Esplodenti e modo di fabbricarli di R. MOLINA, 4ª ediz. riveduta e ampliata con trattazione completa degli esplosivi moderni di pag. XXXII-422 . . . 10 —

Espropriazioni per causa di pubblica utilità di E. SARDI, di pag. VII-212 (in ristampa).

Essenze artificiali. Fabbricazione- Caratteri - Analisi, ecc., di C. CRAVERI, con 44 figure . . . . . 6 —

Essenze forestali e loro prodotti nelle industrie di G. CASTALDI. Pag. XVI-422 . . . . 16 50

Essenze naturali. Estrazione - Caratteri - Analisi, ecc., di C. CRAVERI, con 73 figure (in ristampa).

Estetica. Lezioni sul bello, di M. PILO, 2ª ediz. di pag. XLXII-255 . . . . 9 50

— **Lezioni sul gusto,** di M. PILO, di pag. XII-255. . . 5 —

— **Lezioni sull'arte,** di M. PILO, di pag. XV-286 (esaurito).

Estimo dei fabbricati di P. MASCAGNI. Stime generali fabbr. ed opifici industriali; stime speciali per espropriaz., mutui, danni, servitù. Pag. XII-217 . . . 7 50
Estimo rurale ad uso delle scuole e dei periti di P. FICAI, 4ª ediz. riveduta di pag. XVI-370 . . . . 12 50
Etica (Elementi di) di G. VIDARI, 5ª ediz. con ritocchi ed aggiunte, di pag. XI-441 . . . . 12 —
Euclide emendato di G. SACCHERI, trad. di G. Boccardini, di pagine XXIV-126 e 55 fig. . . . . 3 —
Evoluzione. Storia e bibliografia evulozionistica, di C. FENIZIA, di pag. XIV-389 . . . . 3 —
Ex libris italiani (3500), illustrati da J. GELLI, di pagine XII-535, 139 tav. e 757 figure . . . . . . 18 —
Fabbricati civili di abitazione di C. LEVI, 6ª ediz., di pag. XII-530 con 261 incisioni 18 50
Fabbricati rurali. Costruzione ed economia di V. NICCOLI, 5ª ediz., di pag. XVI-598, con 320 fig. . . . 20 —
Fabbro (Il), di J. ANDREANI, 3ª ediz. di pag. VIII-250, con 266 figure e 50 tavole . . . . 9 —
Fabbro ferraio (Manuale del) di G. BELLUOMINI, 3ª ediz. di pag. VIII-242 e 233 inc. (in corso di stampa).
Falconiere moderno di G. E. CHIORINO, di pag. XV-247, 15 tavole e 80 illustrazioni . . . . 12 —
Falegname (Il) di J. ANDREANI, 4ª ediz. di pag. 309 con 264 figure e 25 tavole . . . . 9 —
Falegname ebanista di G. BELLUOMINI, 6ª ediz. rived. dall'Ing. I. Ghersi, di pag. XXII-223 con 14 incisioni 8 —
Fallimenti — vedi: Curatore.
Farfalle (Le), di A. SENNA. Pag. 200 con 24 tavole a colori e 350 incisioni . . . . 12 —
Farmacista (Man. del) di P. E. ALESSANDRI, 5ª ediz. 46 —
Fecola. Sua fabbricazione e trasformazione in destrina, glucosio, ecc., di N. ADUCCI, di pag. XVI-285 (esaur.).
Fermentazioni e fermenti di R. GUARESCHI, di pagine XI-350 . . . . 4 —
Ferrovie e tramvie. Costruzioni, Materiali, Esercizio, Tecnologie dei trasporti di P. OPPIZZI, di pag. XXII-1067 con 414 incisioni . . . . 20 —
Ferrovie e tramvie (I più recenti progressi della tecnica nelle) di P. OPPIZZI, di pag. XIX-291, e 124 incisioni 9 —
Ferrovie — vedi: Automobili - Macchinista - Strade ferrate - Trazione ferroviaria - Trazione a vapore - Trasporti e tariffe - Vocabolario tecnico vol. V e VI.
Fiammiferi e fosforo di C. A. ABETTI, di pag. XII-172 e 5 tavole 3 50
Fieni dei prati stabili italiani di A. PUGLIESE, con prefazione di G. Lo Priore, di pag. XII-418 . . . 9 —
Figure grammaticali a complemento della grammatica greca, latina, italiana di G. SALVAGNI, di pagine VII-308 . . . . 6 —
Filatura (La) **del cotone.** Manuale teorico-pratico di G. BELTRAMI (esaurito), può essere sostituito dal recente lavoro dello stesso autore: «Nozioni e dati del Filatore di cotone». Pag. 440 con 116 incisioni. 20 —
Filatura e torcitura della seta di A. PROVASI . . 36 —

Fillossera (La) **della vite.** Risultati dei nuovi studi italiani, di R. GRANDORI, di pag. XVI-256 e 17 tav. 6 —
Films — vedi: Cinematografo.
Filologia classica, greca e latina di V. INAMA, 2ª ediz., di pag. XVI-222 . . . . 3 —
— Vedi anche: Dialetti, Fonologia, Lingue, Origini neolatine.
Filonauta (Navigazione da diporto), di G. OLIVARI, di pag. XVI- 286 . . . . 2 50
Filosofia del diritto di A. GROPPALI (in ristampa).
Filosofia morale di L. FRISO, 3ª ediz., di pag. XVI-380 4 50
Filosofia — vedi: Dizionario di scienze filosofiche - Estetica - Etica - Logica - Psicologica - Teosofia.
Filotea o introduzione alla vita devota, di S. FRANCESCO DI SALES. Versione di L. ASIOLI; con studio su la Flora e la Fauna di O. MENGOLI. Pag. XXVIII-271 (legatura speciale) 11 50
Finanze (Scienza delle), di T. CARNEVALI, 2ª ediz. (esaur.).
— Vedi: Borsa, Cambio.
Fiori — vedi: Floricoltura - Piante e fiori - Rose.
Fiori artificiali di O. BALLERINI, 2ª ed. di pag. XVI-368, con 245 figure . . . . 7 —
Fisica di O. MURANI, 11ª ediz. accresc. di pag. XXIII-956 22 50
Fisica cristallografica di W. VOIGT, trad. di A. Sella, di pag. VIII-392 . . . . 3 —
Fisica medica (Fisiologia-Clinica-Terapeutica), di G. P. GOGGIA, dia pag. XII-954 con 300 inc. e una tav. a colori . . . . 15 —
Fisiologia di M. FOSTER, trad. di G. Albini, 4ª ediz. di pag. VII-223 e 35 inc. (in ristampa).
Fisiologia vegetale di L. MONTEMARTINI (esaurito).
Fisionomia e mimica di G. CERCHIARI, di pag. XII-335 con 77 incisioni e 33 tavole 7 50
Flora delle Alpi, illustrata di O. PENZIG, 2ª ediz., di pag. XX-136 con 43 tavole in cromo . . . . 16 —
Floricoltura di G. RODA, 8ª edizione, di pag 296 con 128 incisioni 11 50
Flotte moderne di E. BUCCI DI SANTA-FIORA di pagine IV-204 . . . . 5 —
Fognatura biologica (Depurazione delle acque luride) di F. LACETTI, di pag. XII-376 . . . . 10 —
Fondazioni delle opere terrestri e idrauliche e notizie sui sistemi più in uso in Italia, di R. INGRIA, di pag. XX-674 con 409 incisioni (esaurito).
Fonditore (Man. pratico del) in ghisa, alluminio, bronzo, ottone e leghe composte di L. MUGNANI, di pagine 373, con 192 incisioni . . . . 16 —
Fonologia italiana di L. STOPPATO (esaurito).
Fonologia latina di S. CONSOLI, di pag. 208 . . . . 3 —
Fonologia romanza di P. E. GUARNERIO, di pag. 666 12 50
Forestale (Prontuario del) di E. FERRARI. Suolo forestale - Selvicoltura - Rimboschimento - Orto forestale - Governo e trattamento dei boschi - Tassazione - Costo lavori forestali - Analisi dei fusti, cubatura, ecc. Pag. XXIV-437 con 59 tav. . . . . 12 —

Forgiatore (ossia Fucinatore) dei metalli, ferro, acciaio, di C. CALLONI. Raccolta di nozioni tecniche, pratiche e teoriche ad uso dei capi operai, capi tecnici e scuole industriali. Pag. 510 con 297 inc. . . . 24 —
Formaggio — vedi: Caseificio.
Formolario di matematica elementare, di M. A. ROSSOTTI 7 50
Formole e tavole per il calcolo delle risvolte ad arco circolare di F. BORLETTI, di pag. XII-69 . 2 50
Forno elettrico (La pratica del) di A. TIBURZI, di pag. 270, con 70 incisioni 6 50
Forza motrice e calore dalle cadute idraul. e dai combustibili, di G. VIA, pag. 360 con 15 diagrammi e 14 figure . . . . 15 —
Fosfati e concimi fosfatici di A. MINOZZI (in ristampa).
— Vedi anche: Concimi.
Fotocromatografia di L. SASSI (in ristampa).
Fotografia (I primi passi in) di L. SASSI, 6ª ediz. ampliata di pag. XII-391 con 200 incisioni e 30 tavole 12 50
Fotografia pei dilettanti. (Come dipinge il sole), di C. MUFFONE, 8ª ediz. (In ristampa).
Fotografia a colori. Immagini fotografiche a colori ottenute con sviluppi e viraggi su carte all'argento e su diapositive, di L. SASSI, (esaurito).
Fotografia a colori — vedi Autocromista.
Fotografia senza obiettivo di L. SASSI, di pag. XVI-135, con 127 incisioni e 12 tavole . . . . . 5 —
Fotografia — vedi: Autocromista - Fotogr. per dilettanti - Fotogr. senza obiettivo - Fotogrammetria - Fotominiatura - Primi passi in fotografia - Processi fotomeccanici - Proiezioni - Ricettario fotografico.
Fotogrammetria, fototopografia e applicazioni di P. PAGANINI, di pag. XVI-288 con 200 figure . . 7 —
— vedi anche Topografia.
Fotometria (Trattato di), di A. COACCI. Sorgenti artificiali di luce e materiali illuminanti. Pag. VIII-257, con 87 figure 8 50
Fotominiatura di F. TUCCARI di pag. X-136 e 33 tav. 7 —
Frumento. Come si coltiva, di E. AZIMONTI, 3ª ediz., di pag. XVI-311, con 88 incisioni e 12 tavole . . 6 —
Frutta minori. Fragole, poponi, ecc., di A. PUCCI, di pag. VIII-193 e 96 incisioni (esaurito).
Frutticoltura di D. TAMARO, 8ª edizione. Pag. XX-239, 113 incisioni 8 50
Funghi mangerecci e velenosi di F. CAVARA, di pagine XXIV-230 con 56 tav. a colori e 19 incisioni . 15 —
Funzioni analitiche di G. VIVANTI di pag. VIII-432 . 4 50
Funzioni ellittiche di E. PASCAL, 2ª ediz. . . . . 18 —
Funzioni poliedriche e modulari di G. VIVANTI, di pag. VIII-437 . . . . 4 50
Furetto. Allevamento e ammaestramento, di G. LICCIARDELLI, di pag. XII-172 e 39 figure . . . . 2 —
Galvanizzazione e galvanostegia. Politura e verniciatura dei metalli di F. WERTH e I. GHERSI. 4ª ediz. completamente rifatta ed aumentata. Pag. 666 con 252 incisioni . . . . 26 —

Galvanoplastica in rame, argento, oro, ecc. di F. Werth, 2ª ediz. 12 50
— Vedi anche: Enciclopedia galvanopl., Galvanostegia, Galvanizzazione.
Garofano (Dianthus). Coltura e propagazione, di G. Girardi e A. Nonin, di pag. VI-179 (esaurito).
Gelati, dolci freddi, rinfreschi, bibite, refrigeranti, conserve e composte di frutta e l'arte di ben prepararli, di G. Ciocca. 2ª ediz. rifatta, di pag. XXXII-252 con 146 incisioni e 4 tavole colorate . 12 50
Gelsicoltura di D. Tamaro, 2ª ediz. (in ristampa).
Geografia economica commerciale universale di P. Lanzoni. — 7ª edizione (1923) interamente rifatta a cura di G. Assereto. Volume unico di pagine XII-590 . . . . 15 —
Geografia medica di C. Muzio. Primo saggio nella letteratura medica italiana, con prefazione di L. Mangiagalli. Vol. di pag. XX-1212, con 56 tavole . . 48 —
Geologia di A. Geikie, trad. di A. Stoppani, 5ª ediz., a cura G. Mercalli (in ristampa).
Geologia complementare, di R. Issel (in corso di stampa)-
Geologo (Il) in campagna e nel laboratorio di L. Seguenza, di pag. XV-305 (esaurito).
Geometria analitica. I. Il metodo delle coordinate, di L. Berzolari, 2ª ediz. riveduta con appendice sul calcolo vettoriale. Pag. XVI-495 con 61 incisioni . 9 —
Geometria analitica. II. Curve e superficie del secondo ordine, di L. Berzolari, 2ª ediz. riveduta ed ampliata, di pag. XII-474 . . . . 18 —
Geometria descrittiva (Applicazioni di), di C. Ranelletti. Teoria delle ombre, taglio pietre, taglio legnami, ecc., 2ª ediz. di pag. X-201 con 133 fig. orig. 8 50
Geometria descrittiva (Elementi di) di C. Ranelletti, 2ª ediz. di pag. 210, con 141 incisioni. . . . 8 50
Geometria descrittiva (Metodi della), di G. Loria, 2ª ediz. di pag. 373 con 121 figure . . . . . . 6 —
Geometria descrittiva (Storia della) — vedi: Storia.
Elementi di geografia differenziale di F. Sibirani. Pag. XII-291 . . . . 15 —
Geometria elementare — vedi: Geometria pura elementare.
Geometria elementare (Complementi), di C. Alasia, di XV-244 e 117 figure . . . . 3 —
Geometria elementare (Esercizi), di S. Pincherle, 2ª ediz. di pag. VIII-136, con 50 fig. . . . . . . 3 —
Geometria elementare. Problemi e metodi per risolverli, di I. Ghersi, 2ª ediz. con 311 problemi e esercizi, di pag. VI-271 e 185 figure . . . . 8 —
Geometria metrica e trigonometria di S. Pincherle, 9ª ediz. di pag. VIII-160 con 47 incisioni . . . 6 —
Geometria pratica di E. Erede, 6ª ediz., riveduta ed aumentata di pag. XVI-258 con 135 inc. . . . 7 50
Geometria projettiva dello spazio di F. A. Aschieri, 2ª ediz., di pag. VI-264 e 16 figure (esaurito).

Geometria pura elementare di S. PINCHERLE, 9ª edizione di pag. VIII-176, con 121 incisioni . . . . 6 —
Giacimenti minerali e acque sotterranee (Ricerca dei), di M. GROSSI, di pag. XVI-380 (in ristampa).
Giardiniere (Il libro del), di A. PUCCI, 2 volumi:
I. **Il giardino e la coltura dei fiori**, 2ª edizione, di pag. XI-317 e 144 incisioni 9 50
II. **La coltivazione delle piante ornamentali da giardino**, 2ª ediz., di pag. VIII-325 e 186 incisioni . 9 50
Giardino infantile, di P. CONTI, di pag. IV-213 e 27 tav. 3 —
Ginnastica da camera, da scuola e palestra di J. GELLI, 3ª ediz., di pag. VIII-168, con 253 incis. . 7 50
Ginnastica svedese e massaggio di E. PAULIN. Pagine VIII-150, con 78 incisioni . . . . 9 —
Ginnastica (Storia della) di F. VALLETTI, pag. VIII-184 1 50
Gioielleria, oreficeria, oro, argento e platino — vedi ai singoli titoli: Orefice - Leghe metalliche - Metallurgia dell'oro - Metalli preziosi - Saggiatore - Tavole di alligaz.
Giuochi — vedi: Biliardo - Dama - Tennis - Scacchi.
Giuochi ginnastici per le scuole e per il popolo di F. GABRIELLI, 2ª ediz. di pag. XXIII-217 e 24 illustr. 3 50
Giuochi sportivi. (Calcio (Foot-Ball) - Rugby - Water-Polo - Pallone - Palloncino - Tamburello - Tennis - Hockey - Trucco - Pelotta - Sfratto - Golf - Criket e Vigoro - Bigliardo - Bocce) di G. FRANCESCHI, di pagine XII-180, con 31 illustrazioni 8 50
Giuoco della dama — vedi: Dama.
Giurato (Manuale del) di A. SETTI, 2ª ediz. di pag. 250 2 50
Giurisprudenza — vedi: Avarie - Camera di Consiglio - Codici - Conciliatore - Curatore fallimenti - Digesto - Diritto - Economia - Finanze - Giurato - Leggi - Legislazione - Mandato commerciale - Notaio - Psicopatologia legale - Polizia giudiziaria - Prontuario tecnico legislativo - Ragion. - Strade ferrate - Testamenti.
Giustizia amministrativa (Principii fondamentali e procedura) di C. VITTA (esaurito).
Glicerina — vedi: Candele.
Glottologia di G. DE GREGORIO (esaurito).
Gnomonica. L'orologio solare a tempo vero, di G. BOTTINO BARZIZZA, pag. VIII-199, 33 inc. (sost. il LA LETA) 4 50
Gomme, Resine, Gommo-resine e Balsami di L. SETTIMI, di pag. XVI-373 a 17 figure . . . . . 10 —
Grafologia scientifica di R. ASTILLERO. Pag. XIX-242, facsimili e autografi celebri 8 50
Grammatica albanese di V. LIBRANDI (in ristampa).
Grammatica albanese — vedi anche: Albanese parlato.
Grammatica Italo-Araba con vocabolario comparativo tra l'Arabo letterario e il Dialetto libico, di G. SCIALHUB, di pag. XVI-389 . . . . 12 —
Grammatica catalana con esercizi pratici e Dizionario di G. FRISONI, di pag. XXIV-270 . . . . . 6 —
Grammatica commerciale della lingua spagnola — vedi: Espanol - Lingua spagnola.

Grammatica croato-serba — vedi: Grammatica jugoslava.
Grammatica danese-norvegiana di G. FRISONI, di pag. XXI488 . . . . 7 —
Grammatica ebraica di I. LEVI fu Isacco. 2ª ediz. di pag. 204 . . . . 5 —
Grammatica francese di G. PRAT, 5ª ediz., di pag. 232 3 —
Grammatica galla (Oromonica), di E. VITERBO, 2 vol.
I. **Galla-italiano**, di pag. VIII-152 . . . . . 2 50
II. **Italiano-galla**, di pag. LXIV-106 . . . . . 2 50
Grammatica greca di V. INAMA, 3ª ediz. (esaurito).
Grammatica del greco-moderno di R. LOVERA, 3ª ediz., riveduta ed ampliata, di pag. XIII-255 . . 8 50
Grammatica inglese di L. PAVIA, 5ª ediz. interamente riveduta ed ampliata, di pagine XII-294 . . . 9 —
Grammatica italiana di C. CONCARI, rifatta da G. B. MARCHESI, 4ª ediz., riveduta e corredata di esercizi di applicazione del Prof. D. FERRARI, di pag. VIII-201 3 —
Grammatica italiana (Regole ed esercizi di), per le scuole secondarie di D. FERRARI, 2ª ediz., riveduta ed ampliata di pag. VIII-264 . . . . 8 —
Grammatica jugo-slava (serbo croata) di G. ANDROVICH, 2ª ediz. riveduta ed ampliata di pag. XIV-329 9 —
— Vedi anche Dizionario jugoslavo.
Grammatica latina di L. VALMAGGI, 2ª ediz. (esaurito).
Grammatica magiara di A. ALY-BELFÀDEL, di pag. XIX-332 . . . . 3 —
Grammatica olandese di M. MORGANA, pag. VIII-224 3 —
Grammatica persiana di A. DE MARTINO, pag. VI-207 6 —
Grammatica portoghese-brasiliana di G. FRISONI, 4ª edizione, di pag. XVI-416 . . . . 16 50
Grammatica provenzale di E. PORTAL, di pag. VIII-232 3 —
Grammatica della lingua romena di R. LOVERA, 3ª ediz. con l'aggiunta di modelli di lettere e di un vocabolàrio delle voci più usuali, di pag. VIII-211 . 5 —
Grammatica serba di G. GUYON, di pag. 624 . . . 12 50
— vedi anche Grammatica jugoslava.
Grammatica slovena di B. GUYON, 2ª ediz. ampliata di pag. 363 . . . . 9 —
Grammatica somala. Elementi di Somalo e di Ki-Suahili parlato al Benadir, di E. CARCOFORO di pagine VIII-154 . . . . 5 —
Grammatica spagnuola di L. PAVIA, 4ª ediz., di pagine XII-231 . . . . 3 —
— Vedi anche Espanol comercial – Lingua spagnuola.
Grammatica storica della lingua e dei dialetti italiani di F. D'OVIDIO e G. MEYER-LÜBKE, trad. di E. Polcari, 2ª ediz. di pag. 212 . . . . . . 6 50
Grammatica svedese di E. PAROLI, di pag. XV-293 . 3 —
Grammatica tedesca di L. PAVIA, 4ª ediz. di pagine XX-296 . . . . 3 —
Granicoltura, con un'appendice riguardante il Frumento « Carlotta Strampelli » di A. DE ROSA, di pagine XII-300 con 24 illustrazioni 7 50

Grassi — vedi: Materie grasse – Olii.
Greco moderno — vedi: Conversazione ital.-neoellenica - Crestomazia - Grammatica.
Gruppi continui di trasformazioni di E. PASCAL, di pag. XI-378 . . . . 3 —
Guida numismatica universale di F. GNECCHI, 4ª ediz., di pag. XV-612 . . . . 12 —
Humus. Fertilità e igiene dei terreni, di A. CASALI, di pag. XVI-210 . . . . 2 —
Hütte — vedi: Ingegneria moderna.
Idraulica di E. ZENI, 2ª ediz. rifatta del Manuale di T. PERDONI (in ristampa).
Idraulica fluviale. Il buon governo dei fiumi e torrenti, A. VIAPPIANI. Pag. XI-259 con 92 incisioni . . . 4 50
Idraulica fluviale pratica con esempi di A. VIAPPIANI, di pag. 343, con 120 incisioni 8 50
Idrobiologia applicata di F. SUPINO, di pag. 290 con 134 incisioni . . . . 5 —
Idroterapia di G. GIBELLI, di pag. IV-238 e 30 incis. . 2 —
Igiene del lavoro di A. TRAMBUSTI e G. SANARELLI di pag. VIII-262 e 70 incisioni 2 50
Igiene dell'orecchio e profilassi della sordità del Dott. S. MONSELLES. Pag. XII-133 . . . . . . 4 50
Igiene ospedaliera di C. M. BELLI:
Vol. I. **Costruzioni degli ospedali-ospizi e stabilimenti affini,** di pag. VII-503, con 253 incisioni . 10 —
Vol. II. **Ordinamento dei servizi negli ospedali,** di pag. 366, con 167 incisioni . . . . 8 —
Igiene del piede e della mano. Pedicure e manicure, di G. ANTONELLI, di pag. XVI-459 e 33 figure . . 7 50
Igiene privata e medicina popolare di C. BOCK, 3ª ediz. ital. di G. GALLI, di pag. XVI-303 . . . 5 —
Igiene rurale di A. CARRAROLI di pag. X-470 . . . 4 50
Igiene scolastica di A. REPOSSI, 2ª ediz. (esaurito).
Igiene della scuola e dello scolaro di M. RAGAZZI, 2ª edizione rinnovata, di pag. XL-408 con 46 incis. 16 —
Igiene sessuale ad uso dei giovani e delle scuole di G. FRANCESCHINI, 3ª ediz. di pag. XII-203 . . 7 50
Igiene del sonno di G. ANTONELLI, di pag. VI-224. . 3 50
Igiene veterinaria di U. BARPI di pag. VIII-221 . . 2 —
Igiene della vista di A. LOMONACO, di pag. XII-272 . 3 50
Igroscopi, igrometri, umidità atmosferica di P. CANTONI, di pag. XII-142 e 24 fig. (esaurito).
Illuminazione — vedi: Fotometria.
Illuminazione elettrica. Tecnica degli impianti elettrici, luce e forza, di E. PIAZZOLI, 7ª ediz. rifatta. Vol. I. di pagine XII-691 con 321 incisioni (carta Oxford) . . . . 28 —
Imbalsamazione umana di F. DI COLO, di pag. X-174 5 —
— vedi: Naturalista preparatore.
Imbianchino decoratore di FRAZZONI (in ristampa).

Imenotteri, neurotteri, pseudoneurotteri, ortotteri e rincoti di E. GRIFFINI, di pag. XVI-687 e 243 incisioni 4 50

Imitazione di Cristo di G. GERSENIO, volgarizzazione di C. GUASTI e note di G. M. ZAMPINI. 3ª ediz. per cura di Mons. Gramatica, pag. LIV-485 in speciale legatura da regalo . . . . 20 —

Imitazioni — vedi: Prodotti e procedimenti nuovi.

Immunità e resistenza alle malattie di A. GALLI-VALERIO, di pag. VIII-218 . . . . 1 50

Impianti elettrici per luce e forza (Tecnica degli), di E. PIAZZOLI.

Vol. I. – **Richiami, formole e tabelle, misure, macchine, trasformatori, collaudi, accumulatori,** 7ª ediz. complet. rifatta dal Man. « Illuminazione elettrica ». Pag. XII-691 con 321 incisioni (carta Oxford) . . 28 —

Vol. II. – **Trasmissione, distribuzione, protezioni, impianti ricevitori, illuminazione, forza, riscaldamento, prezzi** (in corso di stampa).

Imposte dirette di E. BRUNI, pag. VIII-158 (esaurito).

Incandescenza a gaz. Fabbricazione di reticelle, di L. CASTELLANI, di pag. X-140 e 33 inc. . . . . . 2 —

Inchiostri da scrivere di R. GUARESCHI 3 50

Industria frigorifera di P. ULIVI, 3ª ediz. riveduta ed ampliata di pag. XVI-310 con 100 inc. e 30 tabelle 12 50

Industria dei saponi — vedi: Saponi.

Industria tartarica di G. CIAPETTI (in ristampa).

Industria tessile. Analisi e fabbricazione dei tessuti tinti in filo e tinti in pezza, di F. FACHINI, di pagine XII-211, con 30 incisioni . . . . 4 —

Industria tintoria di M. PRATO, di pag. XXI-292 e 7 fig. 4 50

Industrie galvanopl. — vedi: Enciclopedia.

Industrie (Piccole), di I. GHERSI, 3ª ediz. (in ristampa).

Infanzia — vedi: Giardino infantile - Ortofrenia - Posologia - Rachitide - Sordomuto.

Infermiera (Vademecum dell') compilato da M. SFORZA e da A. CERVATI. 2ª ediz. riveduta di pag. XII-340 10 50

Infermieri (Istruz. per gli) – vedi: Soccorsi d'urgenza.

Infezione — vedi: Disinfezione - Medicatura antisettica.

Infortuni sul lavoro. Mezzi tecnici per prevenirli, di E. MAGRINI, di pag. 285 con 257 incisioni . . . 3 —

Infortuni in montagna. Manuale per gli alpinisti, di O. BERNHARD, trad. R. Curti, di pag. XVII-60 e 55 tav. 6 50

Ingegnere civile e industriale (Manuale dell') di G. COLOMBO, 47-50ª ediz. di pag. XVIII-558 con 286 incisioni, 7 tav. e 155 tabelle. Ediz. di lusso su carta « India » legatura simili pelle e oro 22 50

Ingegnere costruttore meccanico di C. MALAVASI, 4ª ediz. rifatta . . . . 48 —

Ingegnere elettricista di A. MARRO, 3ª ediz. rifatta ed aumentata. Pag. LXIV-1231 con 466 inc. e 234 tabelle 48 —

Ingegnere navale di A. CIGNONI, di pag. 324 e 36 fig. 5 50

Ingegneria moderna (Manuale enciclopedico della) compilato da sessanta ingegneri specialisti per cura della società accademica « Hütte ». Edizione italiana curata sull'ultima (22ª) originale. -
Vol. I, esaurito ed in ristampa.
Vol. II., di pag. XVI-1134 con 1054 inc., legato in simipelle . . . . 60 —
Vol. III., di pag. XVI-987 con 1500 inc,, legato in similipelle . . . . 60 —

Ingranaggi di G. CAVALIERI, di pag. XII-288, con 74 disegni originali dell'Autore 18 50

Insegnamento dell'Italiano di G. TRABALZA, di pagine XVI254 . . . . 3 —

Insetti delle case e dell'uomo e malattie che diffondono, con riguardo al modo di difendersene nelle città, nelle campagne, al fronte, di A. BERLESE, di pagine XII-293 con 100 incisioni 7 50

Insetti nocivi all'agricoltura e alla selvicoltura di C. CRAVERI, di pag. X-481, con 229 figure . . . 10 —

Invecchiamento artificiale dei vini, aceti e scpiriti di A. DURSO-PENNISI, di pag. 185, con 35 incisioni 5 —

Inventore (Guida dell') di I. GHERSI. Consigli, istruzioni, leggi, di pag. XII-511 . . . . 10 —

Invenzioni utili (Piccole) di S. PAOLETTI (esaurito).

Ipnotismo — vedi: Magnetismo ed ipnotismo.

Ipoteche (Man. per le), di A. RABBENO (in ristampa).

Islamismo di I. PIZZI (in ristampa).

Italia dialettale di G. BERTONI, di pag. 257 . . . 7 50

Ittiologia italiana di A. GRIFFINI, di pag. 487 e 244 fig. 10 —

Jucche (Le) di G. MOLON, di pag. VIII-247, con 53 tavole in nero e 8 colorate 6 50

Laminazione del ferro e dell'acciaio di M. BALSAMO, di pag. VIII-139, 50 figure e 5 tavole . . . . . 3 —

Laterizi di G. REVERE. 2ª ediz. ampliata di pag. XI-203 con 115 incisioni e 7 tavole . . . . 10 —

Latino volgare (Il) di C. H. GRANDGENT, traduzione di N. MACCARONE, di pag. XXIV-298 . . . . . . 3 —

Latte e latterie sociali cooperative di E. REGGIANI di pag. XII-444. con 96 figure . . . . 8 —

Lattoniere (Vademecum dell'operaio) di G. COMOLETTI di pag. XII-320 con 45 tabelle e 337 incisioni . . 8 50

Lavandaio moderno (Il) di A. COLLEONI. Ricettario chimico per liscivie e saponi. Processi macchinari ed apparecchi nelle lavanderie a vapore. Norme per calcolare e progettare impianti di lavanderie meccaniche e stabilimenti di disinfezione. Pag. XII-268 con 146 inc. 13 50

Lavorazione dei campi di G. GOLTARA. Manuale pratico del contadino. Pag. XII-197 con 58 tav., 47 fig. . 8 —

Lavorazione dei legnami di C. ARPESANI, 2ª ediz. di pag. VIII-161, con 181 incisioni 3 50

Lavorazione dei metalli di C. ARPESANI, 3ª ediz. rinnovata di pag. XII-743, con 703 incisioni . . . 22 50

Lavori femminili di T. e F. ODDONE, di pag. VIII-543, (in ristampa).
Lavori femminili — v. Abiti per signora - Biancheria - Macchine da cucire - Monogrammi - Trine a fuselli.
Lavori marittimi e impianti portuali di F. BASTIANI, di pag. XXIII-424, con 209 fig. (esaurito).
Lavori in terra di B. LEONI di pag. XI-305 e 38 fig. . 5 50
Lavoro donne e fanciulli. Legge, regolamento, con note di E. NOSEDA, di pag. XV-174 . . . . . . 1 50
Lawn-Tennis — vedi: Tennis.
Lectures françaises et thèmes italiens, di J. PRAT, di pag. VI-158 . . . . 1 50
Legatore di libri (Il dilettante) di G. G. GIANNINI, con brevi cenni storici. 3ª edizione (1923) ampliata e corretta, di pag. XXIV-227 con 110 incisioni e 33 tavole fuori testo (due a colori) . . . . . 20 —
Legge (La nuova) **comunale e provinciale,** annotata da E. MAZZOCCOLO, coordinata coi decreti e leggi posteriori a tutto il 1923. Vol. I contenente il commento ai primi 117 art. (Elettorato) compresa l'ammissione delle donne all'elettorato amministrativo 9-IV-1923. 7ª ediz. rifatta di pag. XX-433 . . . 15 —
(Il Vol. II uscirà tosto che l'Amm.ne locale avrà avrà avuto il suo assetto che sarà decretato entro il 1923).
Legge sugli infortuni sul lavoro di A. SALVATORE, di pagine 312, 2ª ediz. in preparazione.
Legge sui lavori pubblici e regol. di L. FRANCHI, di pag. IV-110-XLVIII (in ristampa).
Legge Notarile (La nuova) e Regolamento Settembre 1914, commentata da E. BRUNI, di pag. XII-571 . 4 50
Leggende popolari a cura di F. MUSATTI, 3ª ediz., di pag. VIII-181 . . . . 1 50
Leggi e convenzioni sui diritti d'autore, raccolta generale delle leggi italiane e straniere di tutti i trattati e convenzioni esistenti fra l'Italia ed altri Stati. 2ª ediz. interamente rifatta a cura del Professore L. FRANCHI, di pag. VIII-617 . . . . . . 10 —
Leggi sulla sanità e sicurezza pubblica di L. FRANCHI, di pag. IV-108-XCII 1 50
Leggi sulle tasse di registro e bollo di L. FRANCHI, di pag. IV-124 (in ristampa).
Leggi usuali d'Italia — vedi Codici e Leggi.
Leghe metalliche ed amalgame di I. GHERSI, 2ª edizione (in ristampa).
Legislazione agraria italiana (Codice della). di E. VITA, di pag. XXVII-718 . . . . 12 —
Legislazione sulle acque di D. CAVALIERI, di pagine XV-274 . . . .
Legislazione elettrotecnica — vedi: Collaudo – Ingegnere elettricista – Impianti elettrici.
Legislazione rurale di E. BRUNI, 4ª ediz. rifatta, di pag. XII-500 . . . . 15 —

Lingua spagnuola. Cinquanta lezioni pratiche, di G. FRISONI. Grammatica ed esercizi di applicaz., versione, conversaz., con lettere d'uso comune. Pagine VIII-453 . . . . 9 50

Lingua spagnuola — Espanol comercial — vedi: Espanol.

Lingue dell'Africa di C. CUST, trad. di A. DE GUBERNATIS, di pag. IV-110 . . . . 1 50

Lingue germaniche — vedi: Grammatica danese-norvegiana inglese, olandese, tedesca, svedese.

Lingue neo-elleniche — vedi: Conversazione - Crestomazia.

Lingue neo-latine — vedi: Fonologia romanza - Origini neo-latine.

Lingue slave — vedi: Dizionario jugoslavo – Grammatica croato-serba - Grammatica jugoslava - Grammatica slovena.

Linguistica — vedi: Grammatica storica della lingua - Figure (Le) grammaticali - Verbi italiani.

Liquorista di A. CASTOLDI, 2000 ricette e procedimenti pratici. 4ª ediz. rifatta da I. GHERSI, di pag. XVI-722 24 50

Litografia di C. DOYEN, di pag. VIII-261 (esaurito).

Liutaio (Il), di G. ANGELONI. Ogigini e costruzione del violino e degli istrumenti ad arco moderni con notizie intorno all'invenzione del gravecembalo di B. CRISTOFORI. Pag. XXVIII-558; con 176 inc., disegni originali e 33 tavole. . . . . 30 —

Livellazione — vedi: Topografia

Locomobili e trebbiatrici. Manuale pel conduttore, di L. CEI. 4ª ediz. di pag. XVI-458, con 246 incis. e 50 tabelle . . . . 15 —

Logaritmi a 5 decimali, di O. MULLER, 16ª ediz. a cura di M. Raina, di pag. XXXVI-191 . . . . . 4 50

Logaritmi e tabelle per Chimici, Farmacisti, Medici e Fisici, di F. W. KÜSTER. 1924, di pag. IV-131 . . . 13 50

Logica di W. JEVONS, trad. C. Cantoni 6ª ediz. di pagine VIII-174 . . . . 6 50

Logica matematica di C. BURALI-FORTI, 2ª ediz. di pag. 462 . . . . 9 50

Logismografia di C. CHIESA, 4ª ediz. con note del professor A. MASETTI, di pag. XV-196 (esaurito).

Lotta greco-romana con cenni storici sulla Storia della lotta, di A. COUGNET, di pag. VIII-490 con 168 fotografie di celebri lottatori e 126 fig. nel testo . 12 50

Lotte libere moderne. Svizzera, Islandese, Giapponese, Americana, Turca, di A. COUGNET, di pagine XXIV-223, con 190 incisioni 5 50

Luce e suono di E. JONES, trad. di U. Fornari, di pag. VIIII-336 e 121 inc. . . . . 3 —

Luce e salute. Fototerapia e radioterapia di A. BELLINI, di pag. XII-362 e 65 figure 3 50

Macchine (Dis. di elementi di), F. MASSERO (in lavoro).

Macchine agricole. Manuale pratico ad uso degli agricoltori, di G. CENCELLI-PERTI e G. LOTRIONTE. 2ª ediz. rifatta, di pag. XXIV-803, con 370 figure . . 16 50

Macchine (Il montatore di) di S. DINARO, 3ª ed. (in rist.).

Macchine per cucire e ricamare di A. GALASSINI. Pagine VII-230 con 100 incisioni . . . . 5 —

Macchine elettriche a corrente continua ed alternata (Avvolgimenti delle). Costruzione - Riparazioni - Anormalità - Localizzazione - Guasti. Manuale pratico di M. MAZZOCCHI. 2ª ediz. rifatta di pag. XVI-883 con 836 figure orig. di cui 67 a colori . . 34 —

— vedi anche: Collaudo macchine elettriche.

Macchine utensili moderne (I problemi pratici delle) di S. DINARO di pag. XVI-157 (in ristampa).

Macchine utensili moderne — vedi: Lavorazione legnami - Lavorazione metalli, nonchè Morucci, Trattato di Macchine utensili (Biblioteca tecnica in-8 gr.).

Macchinista e fuochista di G. GAUTERO e L. LORIA, 1ª ediz. rifatta da C. Malavasi con appendice sulle locomobili, locomotive, motori a scoppio, freno Westinghouse. Testo govern. e Regolamento. Pagine XXV-590 con 325 inc. e tav. color. . . . **18 50**

Macchinista navale e Costruttore Meccanico di E. GIORLI, 13ª ediz. completamente rifatta, di pagine XVI-571 con 393 incis. e 320 problemi risolti . . 25 —

Macelli moderni. Conservazione delle carni, di P. A. PESCE, di pag. XV-510 e 73 figure . . . . . 10 —

Madreperla. Suo uso nella industria, e nelle arti di E. ORILIA, di pag. VIII-258, 40 figure e 4 tavole. . 7 50

Magazziniere metallurgico e siderurgico (Il) di G. BERNARDI. Pagine VIII-223 . . . . 7 50

Magnete ad alta tensione di C. DUCA. (Come e perchè funziona). Pag. 244 con 184 incis. da dis. orig. 8 50

Magnetismo ed elettricità di F. GRASSI, 4ª ediz., di pag. XXII-878, con 398 fig. e 6 tav. (esaurito).

Magnetismo e ipnotismo di G. BELFIORE, 6ª ediz. di pagine VIII-518 . . . . 15 —

Maiale. Razze, riproduzione, allevamento, di E. MARCHI, 4ª ediz. a cura U. BARPI. Pag. XII-628 con 107 inc. 20 —

— Vedi anche: Porco - Suinicoltura.

Maioliche — vedi: Amatore.

Mais o granoturco. Coltivazione, di E. AZIMONTI. 2ª ediz., di pag. XII-196 e 61 inc. (esaurito). Vedasi alla voce Granicoltura.

Malaria e risaie in Italia, di G. ERCOLANI, di pag. VIII-203 . . . . 2 —

Malattie degli animali utili all'agricoltura di P. A. PESCE, di pag. XII-611 . . . . 9 —

Malattie cani — vedi: Cane.

Malattie crittogamiche delle piante erbacee, di R. WOLF, trad. di P. Baccarini, di pag. X-261 e 50 incisioni . . . . 2 —

Malattie dell'infanzia di G. CATTANEO (in ristampa).

Malattie infettive degli animali di U. FERRETTI, di pag. XX-582 . . . . 9 —

Malattie dei lavoratori e igiene industriale di G. ALLEVI, di pag. XII-421 . . . . 6 —
Malattie mentali di L. MONGERI, di pag. XVI-263 con 26 tavole . . . . 7 —
Malattie dell'orecchio, del naso e della gola, di T. MANCIOLI. 2ª ediz. pag. XIII-717 con 88 inc. . 28 —
Malattie dei paesi caldi di C. MUZIO, di pag. XII-562 con 154 fig. e 11 tavole . . . . 10 —
Malattie della pelle di G. FRANCESCHINI 2ª ediz. ampliata di pag. XVI-228 . . . . 7 50
Malattie dei polli ed altri volatili di P. A. PESCE, di pag. XVI-297 e 50 incisioni 10 50
Malattie del sangue. Ematologia di E. REBUSCHINI, di pag. VII-432 . . . . 7 —
Malattie sessuali di G. FRANCESCHINI, 5ª ediz. ampl. di pag. XII-301 . . . . 9 —
Malattie e alterazioni del vino di S. CETTOLINI, 3ª ediz., riveduta ed ampliata di pag. XII-447 . . . 18 —
Malattie dei vini. Chiarificazione, di R. AVERNA SACCÀ, di pag. XII-400 e 23 figure 5 50
Mandato commerciale di E. VIDARI, di pag. VI-160 1 50
Mandolinista (Manuale del) di A. PISANI, 3ª ediz. di pag. XIV-143 con 13 fig. e 3 tavole 8 50
Maniscalco pratico di C. VOLPINI. Anatomia, ferratura, di pag. XVI-398 e 193 figure (in ristampa).
Manovra navale — vedi: Arte navale.
Manuale enciclopedico Ingegneria moderna — v.: Ingegneria mod.
Manzoni A., Cenni biografici di L. BELTRAMI, di pag. 109, con 9 autografi e 68 incis. 1 50
Mare (Il) di V. BELLIO, di pag. IV-140 e 6 tav. (esaurito).
— Vedi: Biologia marina.
Marina — vedi: Attrezzatura navale - Bandiere - Capitano marittimo - Canottaggio - Flotte moderne - Marine da guerra - Marino - Astronomia nautica - Codice di marina - Avarie e sinistri marittimi.
Marine da guerra del mondo al 1897 di L. D'ADDA, di pag. XVI-320 e 77 ill. 4 50
Marino (Manuale del) Militare e mercantile di G. DE AMEZZAGA, 2ª ediz. con appendice di E. B. di Santafiora di pag. VIII-438 con 18 silografie . . . . 5 —
Marmista (Il) di A. SCARZELLA. Industria, lavorazione, cave, di pag. 220 in carta di lusso con 64 inc. . 16 50
Marmo (Arte del) di A. WILDT, 2ª ediz., di pag. VIII-92 8 50
Massaggio e ginnastica svedese, di E. PAULIN, di pag. VIII-152 . . . . 9 —
Matematica attuariale di U. BROGGI, di pag. XV-347 8 50
Matematica (Complementi di) ad uso dei chimici, di G. VIVANTI. 2ª ediz. riveduta, di pag. XVI-388. . 16 50
Matematica dilettevole e curiosa. Problemi, Giuochi, ecc., di I. GHERSI, 2ª ediz., di pag. VIII-748, con 706 inc. originali . . . . 28 —
Matematica elementare — vedi: Formolario (pag. 27).

Matematiche — vedi: Algebra - Aritmetica - Astronomia - Calcolo - Calcolo numerico - Celerimensura - Compensaz. errori - Computisteria - Contabilità - Cubatura Legnami - Curve - Economia matematica - Equazioni integrali - Formolario - Gruppi di trasformazione - Logaritmi - Logica matem. - Numeri primi - Ragioneria - Storia della matem. - Tracciamento curve - Triangolazioni.

Matematiche superiori (Repertorio di), di F. Pascal, 2 volumi: I. **Analisi**, di pag. XVI-642 (in ristampa). - II. **Geometria** e indice per i due volumi . . . . 16 —

Materie grasse (Industria delle). I grassi e le cere, di S. Fachini, di pag. XIII-651 . . . . 16 —

Meccanica di R. S. Ball, trad. I. Benetti, 6ª ediz. riveduta da C. Malavasi, di pag. XVI-198 e 87 figure 4 —

Meccanica agraria di V. Niccoli, 2 volumi:

I. **Lavorazione del terreno**, 2ª ediz. di pag. 470 e 176 incisioni 7 50

II. **Dal seminare al compiere la prima manipolazione dei prodotti**, di pag. XII-426 e 175 fig. (in rist.).

Meccanica applicata (Man. elem. di) di F. Massero, per le officine e scuole operaie. – Seconda edizione rifatta, di pag. XXIV-550, con 497 incisioni . . . 18 —

Meccanica industriale nelle scuole e per l'officina di S. Dinaro, 2ª ediz. di pag. 516 e 100 figure . 9 50

Meccanica razionale di R. Marcolongo, 2 volumi:

I. **Cinematica-Statica**, 3ª ediz. riveduta ed ampliata, di pag. XV-323 con 32 incisioni 12 50

II. **Dinamica, Meccanica dei sistemi deformabili**, 2ª edizione di pag. 420, con 23 incisioni . . . . 16 —

Meccanica (Tecnologia) — vedi: Aggiustatore - Apprendista meccanico - Automobilista - Aviazione - Caldaie - Chauffeur - Dinamica - Disegnatore meccanico - Disegno industriale - Encicl. meccanica - Fresatore - Ingegnere civile - Ingegnere costruttore meccanico - Lavorazione dei metalli - Locomobili - Macchine - Macchine utensili - Macchinista e fuochista - Macchinista navale - Meccanico - Meccanismi - Modellatore meccanico - Motori - Motorista - Orologeria - Tecnologia illustrata - Termodinamica - Tornitore meccanico.

Meccanico (Il) di E. Giorli. 9ª ediz. 16 50

Meccanico chauffeur vedi: Chauffeur.

Meccanico moderno (Guida pratica del) di A. Massenz. Manuale teorico-pratico ad uso dei capi-officina ed alcuni delle scuole ind. e d'arti e mestieri, meccanici, tornitori, fabbri. 5ª ediz. . . . . 14 —

Meccanismi (600) riferentisi alla Dinam., Idraul., Pneumat., Macch. vapore, Molini, Torchi, Automobili, Orologeria, ecc., di T. Brown. 7ª ediz. italiana a cura C. Malavasi di pag. XVI-311 con 618 inc. . 10 —

Medicamenti — vedi: Diabete melito - Droghe - Elioterapia - Farmacista - Medicatura - Medico d'urgenza - Medico prat. - Posologia - Prodotti chimici organ. - Rimedî - Sieroterapia - Sifilide - Soccorsi urgenza.

Medicatura antisettica di A. ZAMBLER, con prefazione di E. Tricomi, di pag. XVI-124 e 6 incisioni . 1 50

Medicina legale militare di E. TROMBETTA, di pagine XVI-330 (esaurito).

Medicina sociale di G. ALLEVI, di pag. 400 . . . . 5 —

Medicina dello spirito di C. GIACHETTI, di pag. 235 4 —

Medicina d'urgenza di E. TROMBETTA, 2ª ediz. interamente rifatta per cura di C. Trombetta. Pagine XVI-645 . . . . 18 —

Medico (Il) a bordo e nei paesi tropicali di R. RIBOLLA, di pag. XIX-326 . . . . 5 50

Medico pratico di C. MUZIO, 5ª ediz., rifatta di pag. XII-978 con 1 tavole . . . . 28 —

Merceologia tecnica di P. ALESSANDRI. Due volumi:

Vol. I. **Materie prime**, 2ª ediz., aumentata ed accresciuta di 141 tabelle e 109 incisioni, di pag. XVI-600 15 —

Vol. II. **Prodotti chimici**, 2ª ediz. di pag. XVI-526, con 78 tabelle e 58 illustrazioni . . . . . . 25 —

Merceologia e istituzioni commerciali ad uso delle Scuole di Commercio, di E. BIANCHI (in ristampa).

Mesotorio (Il) nella cura di alcune dermatosi e neoformazioni maligne della pelle, di A. MASOTTI, di pagine 140, con 49 incisioni nel testo . . . . 2 —

Metalli preziosi. Argento, oro, platino di A. LINONE. (In ristampa).

Metallocromia. Colorazione e decorazione dei metalli, di I. GHERSI, 2ª ediz., di pag. XVI-317 . . 5 —

Metallografia applicata ai prodotti siderurgici di U. SAVOIA, di pag. XVI-205 e 94 incisioni . . 7 50

Metallurgia — vedi: Acciai - Coltivazione delle miniere - Fonditore - Lavorazione metalli - Meccanica industriale - Metallografia - Ricettario dell'elettricista - Ricettario di metallurgia - Saldature - Siderurgia - Tecnologia pei giovani - Tempera e cementazione - Zinco.

Metallurgia dell'oro di E. CORTESE, di pag. XV-262 e 35 incisioni . . . . 6 —

Meteorologia aeronautica di G. CRESTANI di pagine XVI-315 con 73 incisioni e carte 8 50

Meteorologia agricola di G. COSTANZO e C. NEGRO, di pag. VIII-208 e 27 incisioni . . . . 5 —

Meteorologia generale di L. DE MARCHI, 3ª edizione di pag. XIX-235 con 27 incisioni 4 50

Meteorologia universale e codice metrico internazionale di A. RACCHINI, di pag. XX-482 . . . 12 —

Mezzeria pratica di A. RABBENO (esaurito).

Microbiologia. Malattie infettive, di L. PIZZINI, di pag. VIII-142 . . . . 2 —

Microscopio (Il) di C. ACQUA, 2ª ediz. (esaurito).

Militaria — vedi: Armi antiche - Arte militare - Codice cavalleresco - Duellante - Scherma - Tattica - Telemetria - Tiro a segno - Ufficiale dell'esercito.

Minerali (I), per E. Artini, 2ª ediz. ampliata, di pag. xxxvi-519 con 124 inc. e 40 tavole . . . . . 25 —
Mineralogia descrittiva di L. Bombicci, 3ª ediz. a cura fi P. Vinassa De Regny, p. 336, con 138 fig. 3 —
Mineralogia generale di L. Bombicci, 4ª ediz. a cura di P. Vinassa De Regny, p. 256, con 193 fig. e 2 tav. 4 50
Miniere (Coltivazione delle) di S. Bertolio, 3ª ediz. di pag. viii-371, con 112 incisioni . . . . . 6 —
Minimi quadrati. Formole, Esercizi e Applicazione alla Topografia, di P. Fantasia, di pag. xvi-339, con 107 esercizi . . . . 8 —
Misuratori elettrici (Frodi nei) di M. Lanfranco, di pag. xi-277, con 27 incisioni e 39 tavole . . 5 50
Mitologia classica illustrata, di F. Ramorino, 7ª edizione di pag. 372, con 95 incisioni 12 50
Mitologia nordica di G. Silvestri. Le antiche credenze religiose dei popoli settentrionali. 1924, di pag. x-185. . . . . 8 —
Mitologia tedesca di R. Minutti, di pag. xx-348. . . 6 —
Mitologie orientali di D. Bassi:
I. **Mitologia Babilonese, Assira**, di pag. xvi-219. 3 —
Mnemonica — vedi: Arte memoria.
Modellatore meccanico, falegname, ebanista di V. Goffi, 3ª ediz. riveduta ed ampliata di pagine xvi-455 con 312 incisioni . . . . 16 —
Molini. Industria. Costruzione ecc. di C. Siber Millot, 4ª ediz. a cura di G. Saldini. 1924, di pag. viii-333, con 206 inc. nel testo e 14 tavole. . . . . . 24 —
Momenti d'inerzia e loro applicazioni di E. Giorli, di pag. viii-166 con 148 figure (in ristampa).
Moneta e falsa monetazione di U. Mannucci, di pagine xi-271 . . . . 3 —
Monete greche di S. Ambrosoli. 2ª ediz. rifatta da S. Ricci, pag. xxv-609 con 670 inc., 2 tav. e 4 carte 18 —
Monete papali moderne di S. Ambrosoli, di pagine xii-131 e 200 incisioni . . . . 5 —
Monete, pesi e misure Inglesi (Prontuario delle) ragguagliate al sistema decimale, di I. Ghersi, 2ª ediz. ampliata con 47 tavole di conti fatti. Pag. viii-198 10 —
Monete romane di F. Gnecchi, 3ª ediz. di pag. xvi-418, con 203 figure e 25 tav. (in ristampa).
Monogrammi moderni di A. Soresina 16 50
Montatore elettricista di E. Barni. Manuale per gli operai elettricisti d'impianti industriali. 16ª ediz. in-16, di pag. iv-534 (non legato). . . . . . 10 —
Moratoria — vedi: Curatore fallimento.
Morfologia greca di V. Bettei, di pag. xx-376 . . 3 —
Morfologia italiana di E. Gorra, di pag. vi-142 . . 1 50
Morte vera e morte apparente di F. Dell'Acqua, di pag. viii-136 . . . . 2 —
Mosche — vedi: Insetti della casa.

Mosti dei vini e degli spiriti. Densità, ecc. di E. De Cillis, di pag. xvi-230 . . . . 2 —

Mosto (Dal) **al vino.** Fermentazione alcoolica, di S. Cettolini, di pag. xii-490, con 62 incisioni . . . 7 50

Motoaratura e motocultura di G. L. Cerchiari. Pagine xvi-370, con 116 incisioni . . . . 10 —

Motociclista (Manuale del) di F. Borrino, (Motocicli - Motobiciclette - Cyclecars). - Vademecum-ricettario ad uso dei motociclisti, biciclisti, motoristi, sportmen, operai montatori, meccanici, aggiustatori, ecc. 5ª ediz. compl. rif. 1923, di pag. xv-640 con 471 ill. 22 50

Motori a gaz di V. Calzavara, 2ª ediz. riveduta, di pagine xxxvi-423 con 160 incisioni (in ristampa).

Motori a olio pesante, Diesel, ecc. di E. Garuffa. Teoria, calcolo, costruz. e manutenz. dei motori ad olio pes. e Diesel; applic. Pag xvi-845 con 715 inc. 38 —

Motori a scoppio. Motori a benzina e petrolio, di E. Garuffa. Teoria, costruzione e condotta dei motori veloci ad esplosione. Loro applicazioni pratiche agli automobili, agli autoscafi, agli aeroplani, nell'industria e nell'agricoltura, 5ª edizione notevolmente accresciuta ed in gran parte rifatta. Pagine xx-909, con 1049 illustrazioni. 38 —

Motorista d'aviazione (Il) di L. Cei. Descrizione, governo, manutenzione di Pag. xii-537, con 338 incisioni e tavole 12 50

Municipalizzazione dei servizi pubblici di C. Mezzanotte, di pag. xx-324 . . . . 3 —

Muratore (Il), di I. Andreani, 3ª ediz. di pag. 280 e 235 figure . . . . 9 —

Musica (Manuale teorico pratico di), per le famiglie e per le scuole, ad uso degli insegnanti e degli alunni, di G. Magrini. — Musica - Strumenti musicali - Acustica - Teoria - Armonia - Canto - Pianoforte - Storia - Terminologia musicale - Dizionario dei principali musicisti. — 3ª edizione (1923) riveduta, corretta ed ampliata, di pag. xvi-727 . . . . . 28 —

Musica — vedi: Acustica musicale - Armonia - Arte e tecnica del canto - Ballo - Canto - Chitarra - Mandolinista - Musica - Orchestrazione - Pianista - Psicologia musicale - Ritmica - Semiografia musicale - Storia della musica - Strumenti ad arco - Violoncello - Violino.

Napoleone I. di L. Cappelletti, 3ª ediz. di pag. 306 con 24 incisioni . . . . 6 —

Naturalista preparatore (Imbalsamatore) di R. Gestro, 5ª ediz., di pag. xvi-214 e 52 figure . . . 5 50

Nautica — vedi: Arte navale - Astronomia nautica - Avarie e sinistri marittimi - Bandiere - Canotaggio - Codice di marina - Costruttore navale - Doveri del macchinista navale - Filonauta - Flotte moderne - Ingegnere navale - Lavori marittimi. - Macch. navale - Nautica stimata - Nave.

Nautica stimata — vedi: Astronomia nautica.

Nave (La) **moderna da battaglia** di G. ALMAGIÀ, di pag. VIII-237, con 60 figure e tavole . . . . . 4 —

Nave (La) **in ferro** di E. GIORLI, di pag. VIII-413, con 497 illustrazioni (esaurito).

Navi — vedi: Arte navale - Costruttore navale.

Navigazione — vedi: Arte navale - Astronomia nautica.

Notaio (Man. del), di A. GARETTI, 9ª ediz. interamente rifatta, ampliata e messa al corrente con le nuovissime disposizioni di legge per cura dell'avv. G. V. BIANCOTTI. di pag. XX-904 (d'imminente pubblic.).

Numeri primi (Tavole di) **entro limiti diversi** di L. POLETTI. Pag. XXXII-294 . . . . 10 50

Numismatica (Manuale di) di S. AMBROSOLI, 6ª ediz. rifatta da F. GNECCHI, di pag. 248, con 40 tavole eliotipiche . . . . 20 —

Numismatica. Atlante numismatico italiano di S. AMBROSOLI, di pag. XVI-428 e 1746 incisioni . 16 —

Numismatica — vedi: Atene - Guida numismatica - Monete greche, papali - Vocabol. numismatico.

Nuoto (Il). L'arte di nuotar bene di A. BERETTA, 2ª ediz. di pag. XII-275, con 117 incisioni 9 50

Nutrizione del bambino di L. COLOMBO (esaurito).

Occultismo di N. LICÒ, 2ª ediz., pag. 362 con 15 inc. 15 —

Occultismo — vedi: Dizionario di scienze occulte - Magnetismo - Spiritismo - Telepatia.

Oculistica (Manuale di) per Medici e Studenti, di D. BRUNO, di pag. XII-288, con 29 incisioni . . . . 6 —

Oftalmojatria veterinaria, di P. NEGRI e V. RICCIARELLI, di pag. XVI-279, con 87 illustrazioni e 15 tav. 3 50

Olii vegetali. Piante erbacee a seme oleoso, di G. DEL NERO, di pag. XVI-313 e 41 incisioni 5 50

Olii e grassi vegetali, animali e minerali di G. FABRIS, di pag. 546 con 23 incisioni . . . . . . 24 —

Olivicoltura e industria dell'olio d'oliva di F. R. SIMARI, 2ª edizione 22 50

Ombre — Teoria delle ombre.

Onde Hertziane — vedi: Telegrafo senza fili.

Operaio (Manuale dell') di G. BELLUOMINI, 8ª ediz., riveduta da I. GHERSI, di pag. 314 con 33 incisioni. 3 50

— vedi anche: Chimica dell'operaio.

Operaio elettrotecnico di G. MARCHI, 8ª ediz. rinnovata, di pag. XX-779, con 454 incisioni 18 50

Operaio meccanico — vedi: Aggiustatore - Apprendista meccanico - Lavorazione metalli - Meccanica applicata - Meccanico moderno - Tecnologia illustrata - Tecnologia per operai.

Orchestrazione musicale nella sua essenza, sua evoluzione e sua tecnica, di V. RICCI, di pagine XXXII-515 15 —

Orchidee di A. PUCCI, di pag. VI-303, e 95 incisioni . 4 —

Ordinamenti degli Stati liberi d'Europa, di F. RACIOPPI, 2ª edizione, di pag. XII-316 . . . . 3 —

Ordinamento degli Stati liberi fuori d'Europa di F. RACIOPPI, di pag. VIII-376 . . . . 3 —

Orecchio — vedi: Igiene dell'orecchio.
Orefice (Man per l') di E. BOSELLI, 3ª ediz. rifatta da A. LINONE, di pag. 436, con 370 figure . . . . 12 —
Oreficeria floreale (Mod.) di A. MYLIUS con 50 tav. e testo 6 —
Organista (Manuale dell') di C. LOCHER e prefazione di E. Bossi, di pag. XVI-187 . . . . 5 —
Organizzazione pratica del lavoro di G. PARDINI. Pagine XVI-270 con 23 figure modelli e tabelle . . 12 —
Organoterapia di E. REBUSCHINI di pag. VIII-432 . 4 50
Origini neo-latine di P. SAVI-LOPEZ. Pag. XVI-407. 10 —
Ornamentazione di G. VENDRAME. 82 tavole. Modelli di alfabeti, Monogrammi, Ditte, Insegne, Sigle, Simboli, Fregi araldici, Ricami artistici e Lavori femminili. Cuoio sbalzato e Metallo inciso, Motivi per decoratori, cesellatori, orefici, ecc. 1924, in-4°, in artistica busta (non manuale) . . . . 48 —
Ornamenti sulle stoffe (L'arte di disporre gli), di E. CASARTELLI, di pag. XI-37, con 38 tavole e 170 disegni 5 50
Ornatista (Man. dell'), di A. MELANI. Raccolta d'iniziali miniate e incise, di frontespizi, d'inquadrature di pagina, di fregi, finalini e legature esistenti in opere antiche di Biblioteche, Musei e Collezioni private. 3ª ediz. 1924., in-4°, con IX pagine di testo ornate, e XL tavole a colori per miniatori, calligrafi, pittori d'insegne, ricamatori, incisori, disegnatori di caratteri da stampa, ecc.; in elegante busta . . . . 30 —
Ornitologia italiana di E. ARRIGONI DEGLI ODDI, di pag. 907, 36 tav. e 401 figure (in ristampa).
Orologeria moderna di E. GARUFFA, 3ª ediz., di pagine VIII-384 e 366 figure 18 50
Orticoltura di D. TAMARO, 7ª ediz. rifatta, di pagine XVI-727, don 237 incisioni 22 50
Ortoepia e ortografia italiana moderna di G. MALAGOLI, 2ª ediz. riveduta, di pag. XX-294 . . . 6 —
Ortofrenia. Educazione dei fanciulli di P. PARISE, di p. XII-231 . . . . 2 —
Ospedali — vedi: Igiene ospedaliera.
Ossa (Le) e le loro applicazioni nelle industrie meccaniche e chimiche. (Grasso, Oggetti d'osso, Colla, Nero animale, Fosfati d'ossa, Cenni di analogia coi fosfati geologici e su l'industria dei fosfati, Fosforo), di E. RIZZINI. Pag. XVI-257 con 69 incisioni . . 13 50
Ostetricia pratica ed operazioni ostetriche di A. RENDA, per studenti e medici pratici. Pag. XVI-540 con 109 incisioni. . . . . 18 —
Ostricoltura e mitilicoltura di D. CARAZZI, di pag. 310 5 —
Ottica di E. GELCICH, di pag. XVI-576 e 261 figure . . 12 —
Ottica (L') di Euclide di G. OVIO di pagine 435 con 260 incisioni 7 50
Paga giornaliera (Prontuario della) da L. 0,50 a lire 10 di C. CARREGARO-NEGRIN, 2ª edizione, di pag. X-463 6 50

Paga per otto ore di lavoro e per paghe giornaliere da due a cinquanta lire (Prontuario di conteggio) di D. TEPPA. Pag. VIII-411 (200 tabelle) . . . 16 —

Palatino — vedi: Rovine del Palatino.

Paleografia greca e latina di E. A. THOMPSON, traduzione di G. Fumagalli, 3ª edizione di pag. 208, con 38 incisioni e 8 tavole 6 50

Paleontologia di VINASSA DE REGNY. 2ª ediz. di pagine VI-542 con 382 figure intercalate. 22 50

Pane e panificazione di G. ERCOLANI e L. CHIESA, 2ª ediz. rifatta. 1924, di pag. VIII-248, con 48 figure nel testo e 2 tavole . . . . 12 —

Parafulmini — vedi: Suonerie.

Parrucchiere (Manuale del) di A. LIBERATI, di pagine 219 e 88 incisioni (esaurito).

Pasticciere e confettiere moderno di G. CIOCCA, 3ª edizione, di pag. 610, con 168 incisioni e 24 tavole cromolitografiche, ... 23 —

Pastificio (Industria del) di R. ROVETTA, 2ª edizione ampliata di pag. XVI-450 con 191 incisioni e 12 tavole a colori . . . . 24 —

Patata (La), di A. FRACANZANI, di pag. XV-114 . . 7 50

Patologia e terapia della sifilide. Concetti e nozioni fondamentali di A. PASINI, 2ª ediz, rif. pag. XII-175 8 —

Patologia degli infortuni sul lavoro in rapporto alla assicurazione, di T. CASAROTTI, di pag. XV-642. . 6 —

Patrologia (Manuale di) di P. G. FRANCESCHINI, di pagine 647 . . . . 12 50

Pedagogia (Storia della) di A. MORGANA, con prefazione di A. STRATICÒ, di pag. XIX-553 . . . . 6 —

Pedagogia (Elementi di), di G. VIDARI:
Vol. I. **I dati della pedagogia**, 2ª ediz. riveduta, di pag. X-403 . . . . 12 50
Vol. II. **La teoria dell'educazione**, di pag. 530 . 15 —
Vol. III. **La Didattica**, di pag. XIII-352 . . . 11 50

Pellagra. Storia, patogenesi, ecc. di G. ANTONINI, di pag. VIII-166 e tavole . . . . 2 —

Perito meccanico (Il) nello studio di macch. idrovere, idrauliche, pneumofore, impianti industriali, ecc. di S. DINARO, di pag. VIII-252 . . . . 4 —

Perito misuratore — vedi: Codice.

Perizia e arbitrato (La pratica della), di A. LO BIANCO. – Norme di procedura indispensabili agli ingegneri, architetti, agrimensori, minerari, meccanici e periti in genere. Vol. di pag. XII-274 . . . . . . 9 50

Pescatore (Man. del) di L. MANETTI, 2ª ediz. rifatta. Pagine 320 con 120 incisioni 10 50

Peso dei metalli usuali, in sbarre, lamiere, tubi, fili, ferri cilindrici, quadrati, rettangolari, a squadra, a U, a Y, a Z, a T, a I, di G. BELLUOMINI. 3ª ediz. di pag. 210 . . . . 8 50

Petrolio e acque sotterranee di J. e L. MASSARENTI. Metodi di ricerche e d'allevamento di pag. 400 e 229 incisioni 8 50

Pianista (Il). Pensieri, giudizi e consigli sullo studio del pianoforte di V. RICCI, di pag. 263 . . . . 5 —

Piante e fiori sulle finestre, nei cortili, ecc. di A. PUCCI, 5ª edizione (d'imminente pubblicazione).

Piante erbacee a seme oleoso di G. DEL NERO, di pag. XV-313 e 51 figure 5 50

Piante medicinali d'Italia di F. PANINI (d'imminente pubblicazione).

— Vedasi anche l'Atlante botanico « Erbario figurato » annunciato nel catalogo completo edizioni Hoepli.

Pietre preziose di U. MANNUCCI, di pag. XVI-398 . . 15 —

Pila elettrica (La) di A. ASTOLFONI, di pag. 313 e 105 figure (esaurito).

Pino da pinoli, di L. BIONDI e E. RIGHINI, di pag. XII-142 . . . . 5 —

Pirotecnia moderna di F. DI MAJO, 3ª ediz. riveduta e ampliata da G. FIORINI, di pag. 198, con 130 inc. 5 —

Piscicultura pratica del Prof. F. SUPINO di pag. VIII-327 con 79 incisioni e 14 tavole . . . . 10 —

— vedi: Idrobiologia applicata.

Pittura. L'arte di dipingere fiori all'acquarello, ad olio ed a guazzo sulle stoffe, di G. RONCHETTI. 2ª edizione (d'imminente pubblicazione).

Pittura pei dilettanti, ad olio, acquarello, miniatura, guazzo, tempera, encausto, pastello, fotopitt., ecc. di G. RONCHETTI, 7ª ediz. rifatta, di pag. XXIV-475 con 38 inc. e 24 tav. a colori . . . . . . 24 —

Pittura italiana antica e moderna di A. MELANI, 4ª ediz. riveduta ed arricchita di notizie e di nuove illustrazioni (198) con un capitolo sulla Pittura contemporanea. 1924, di pag. XL-911, legato . . . . 48 —

Pittura — vedi anche: Anatomia pittorica - Colori e vernici - Composizione delle tinte - Disegno - Ristauratore di dipinti - Storia dell'arte.

Pittura murale (Manuale dell' artista decoratore). Fresco - Tempera - Stereocromia - Pittura a olio - Encausto, ad uso dei Pittori, Architetti, Ingegneri e dilettanti di pittura, coll'aggiunta di un Dizionario-Enciclopedia dei termini principali riguardanti la Pittura murale, di G. RONCHETTI. 2ª ediz. riveduta ed ampliata. 1922, di pag. XVI- 399 . . . . 12 50

Planetologia di E. CORTESE, di pag. 395 con 12 figure e due tavole . . . . 3 —

Pneumonite crupale e sua cura, di A. SERAFINI, di pag. XVI-222 . . . . 2 50

Poliedri, curve e superfici, secondo i metodi della Geometria descrittiva, di G. LORIA, di pag. XVI-231 6 —

Poligonazione tacheometrica di A. BARBIERI, di pagine XVI-246 . . . . 4 —

Polizia giudiziaria, ad uso dei Periti e Magistrati, di L. TOMELLINI, di pag. XX-352 e 161 inc. . . . 7 50
Polizia sanitaria degli animali di A. MINARDI, di pagine VIII-333 e 7 figure . . . . 3 —
Polli — vedi: Malattie dei polli - Avicoltura.
Pollicoltura, di G. TREVISANI, 12ª edizione con appendice sull'« Allevamento industriale dell'anatra » di pag. 347, con 111 incisioni 9 50
Pomodoro. Coltivazione - Industria, ecc., di R. ROVETTA, di pag. 295, con 90 figure . . . . 6 —
Pomologia di G. MOLON, di pag. XXXII-717 con 86 incisioni e 12 tavole (esaurito).
Pomologia artificiale di M. DEL LUPO, di pag. 138 2 —
Pompiere moderno. Manuale del vigile del fuoco, di P. COGOLI e R. RAMPINI, di pag. 500, con 14 tav. e 526 figure 7 50
Porco (Il). Razze, allev., ecc., di F. FAELLI, di pag. XIX-461, con 100 figure e 5 tavole (in ristampa).
— Vedi: Maiale.
Posologia dei rimedi più usati nella terapia infantile di A. CONELLI, di pag. VIII-186 . . . . 3 50
Posta. Manuale postale, di A. PALOMBI. Notizie storiche sulle Poste d'Italia, organizzazione, legislazione, posta militare, unione postale universale, appendice, di pag. XXX-309. . . . . 3 —
Privative governative. Uffici di vendita e loro funzionamento. Rivendite, di I. GUASTALLA, di pag. XIX-406 3 50
Privative industriali — vedi: Codici e leggi, Vol. IV. (pag. 14).
Problema (Il) dei tre corpi da Newton ai nostri giorni, di R. MARCOLONGO, di pag. 174 . . . 4 50
Problemi di geometria — vedi: Geometria elementare.
Problemi pratici delle macchine utensili moderne. (Torni, Fresatrici; Smerigliatrici), loro soluzione razionale e rigorosa. Trattato metodico illustrato con 33 disegni schematici originali. di S. DINARO, di pag. XVI-157 (in ristampa).
Processi fotomeccanici moderni di R. NAMIAS, 2ª edizione, di pag. XI-321, con 76 figure e 12 tavole 10 —
Prodotti ceramici. Majoliche, porcellane, grès, di G. MADERNA, di pag. XII-345 e 92 figure 7 50
Prodotti chimici organici usati come medicamenti (Fabb. dei) di C. CRAVERI. Preparaz. caratt., reazioni, usi, dosi di 1600 prod. Pagine VIII-730 e 27 incis. 16 —
Prodotti e procedimenti nuovi nelle industrie (succed., surrog., ecc.) di I. GHERSI, di pag. 986, con 148 incisioni. . . . . 24 —
Produzione e commercio del vino in Italia di S. MONDINI, di pag. VII-303 . . . . 4 —
Profilassi e disinfezione per uso del R. Esercito del Cap. Medico V. CHIODI, di pag. XII-196 con 32 inc. 4 50
Profumiere. 800 ricette pratiche, di A. ROSSI, 3ª ediz. riveduta e notevolmente aumentata. 1922, di pagine XII-665, con 58 illustrazioni. . . . . . 26 —

Progettista moderno di costruzioni architettoniche di I. ANDREANI, 4ª ediz. ampliata di pag. xv-559, con 196 inc. e 67 tavole 18 50
Projezioni fisse e cinematografo di L. SASSI, di pagine xvi-484, con 308 figure . . . . 10 —
Projezioni ortogonali — vedi: Disegno.
Pronomi, Preposizioni e particelle della lingua latina, dichiarati da L. BASSI, 2ª ediz. riveduta ed accresciuta di pag. xi-293. . . . . 9 50
Prontuario del forestale. (Suolo, Selvicoltura, Rimboschimento, ecc.), di E. FERRARI, di pag. 460 e 59 tavole . . . . 12 —
Prontuario tecnico legislativo di G. VIVARELLI, di pag. 300, con 131 incisioni . . . . 4 —
Proprietario di case e opifici di G. GIORDANI, di pagine xx-264 . . . . 1 50
Prospettiva di C. CLAUDI, 6ª ediz., di pag. xii-76 e 33 tavole 7 50
Prospettiva per gli scultori, il Bassorilievo di A. NOELLI, di pag. xii-78, con 3 disegni . . . . . 5 —
Protezione degli animali di N. LICÒ . . . . . . 2 —
Protistologia di L. MAGGI, 2ª edizione, di pag. 294 e 93 incisioni . . . . 3 —
Proverbi e modi proverbiali italiani di G. FRANCESCHI, di pag. xix-380 . . . . 5 —
Proverbi sul cavallo di C. VOLPINI, di pag. xix-172. 2 50
Psicologia di C. CANTONI, 2ª edizione (esaurito).
Psicologia fisiologica di G. MANTOVANI, 2ª ediz., di pag. xii-175 e 16 incisioni . . . . 3 —
Psicologia musicale di M. PILO 12 50
Psicopatologia legale, di L. MONGERI, di pag. xx-421 6 50
Psicoterapia di G. PORTIGLIOTTI. Pag. xii-318 e 22 inc. 4 —
Pugilato e lotta libera per la difesa personale (Il libro della boxe), con l'aggiunta della difesa contro gli aggressori, della donna contro i prepotenti ed altre difese desunte specialmente dalla applicazione del jiu-jitsu, di A. COUGNET. 3ª edizione completamente rimodernata e considerevolmente ampliata. 1922, di pag. xxxiv-389, con 235 incis. 12 50
Raccoglitore di oggetti minuti e curiosi di J. GELLI, di pag. x-344 con 310 incisioni . . . . 9 —
Rachitide e deformità da essa prodotte di P. MANCINI, di pag. xxviii-300 e 116 figure . . . . 4 —
Radioattività di G. A. BLANC, prefaz. di A. Sella e appendice di G. D'ORMEA, di pag. viii-266 e 72 inc. 6 —
Radiocomunicazioni (Radiotelegrafia, Radiotelefonia), di E. GNESUTTA . . . . 9 —
Radiotelefonia. Come funziona e come si costituisce una stazione per la ricezione radio-telegrafica-telefonica di E. MONTÙ. Teoria, pratica, dati costruttivi. XXII circuiti dal più semplice al più moderno, di pagine viii-350, con 192 inc. e disegni originali . . . . 15 —

Radiotelegrafista (Manuale pratico del) di G. DELLA SANTA, di pag. XV-171 con 82 incisioni 6 50

Raggi Röntgen — vedi: Röntgen tecnica.

Ragioneria di V. GITTI, 7ª ediz., di pag. VIII-167 . . 6 —

Ragioneria delle cooperative di consumo di R. ROTA, 2ª ediz., riveduta, di pag. VI-402 . . . . 12 —

Ragioneria domestica di A. MASETTI, 2ª edizione di pag. 198 . . . . 3 —

Ragioneria industriale di O. BERGAMASCHI, 4ª ediz. a cura di A. Masetti, di pag. XVI-414 con prospetti, tabelle . . . . 15 —

Ragioneria pubblica di A. MASETTI, di pag. XV-293 6 —

Ragioniere (Prontuario del), di E. GAGLIARDI. 3ª ediz. rifatta a cura di A. MASETTI . . . . 18 —

Razze bovine, equine, suine, ovine e caprine di F. FAELLI, 2ª edizione ampliata, di pag. 545 con 197 tavole . . . . 20 —

Reattivi e reazioni di E. TOGNOLI, di pag. 289. . . 6 50

Regolo calcolatore di R. BARBERI. L'uso dei regoli e dei quadranti calcolatori con oltre 600 eserc. pagine XXII-286 . . . . 18 50

Relatività (Prima conoscenza della) **dell'Einstein.** Esposizione elementare alla portata di tutti, di H. SCHMIDT, 3ª edizione notevolmente aumentata. Pag. XXIV-255, con 12 figure e 4 tavole . . . 11 50

Religione — vedi: Bibbia - Corano - Imit. Cristo S. Giov. - San Paolo - Vangelo - Vita di Gesù - Vita di Maria.

Religioni primitive (L'idea di Dio nelle) di F. JEVONS e di U. PESTALOZZA, di pag. XVI-178 . . . . 4 —

Religioni e lingua dell'India inglese di R. CUST, trad. di A De Gubernatis, pag. IV-124 (esaurito).

Residui agricoli. Utilizzazioni, ricuperi, di C. FORMENTI, di pag. 620, con 139 incisioni . . . . . 10 —

Residui industriali. Utilizzazioni, Ricuperi, di C. FORMENTI, di pag. XX-376 . . . . 7 50

Resistenza dei materiali e stabilità delle costruzioni di G. SANDRINELLI, 3ª edizione, di pag. XVIII-495 e 274 incisioni (in ristampa).

Restauratore dei dipinti (Il) di G. SECCO SUARDO, 3ª edizione con una introduzione allo studio del restauro di G. PREVIATI e considerazioni sul restauro moderno del Prof. L. DE JASIENSKI, di pag. XVI-574, con 47 figure . . . . 16 —

Rettili d'Italia di C. VANDONI, di pag. 288 e 55 figure 3 50

Rettorica ad uso delle scuole di F. CAPELLO, di pagine VI-122 (esaurito).

Ricami — vedi: Biancheria - Macchine da cucire - Monogrammi - Ricettario domestico - Trine.

Ricchezza mobile (L'imposta sui redditi di), di E. BRUNI, di pag. 240 . . . . 1 50

Ricettario domestico di I. GHERSI, 8ª ediz., con 8483 ricette e 244 incisioni . . . . 40 —

Ricettario dell'elettricista di I. GERSI. Accumulatori - Argentatura, doratura, nichelatura, ecc. - Applicazioni artistiche - Campanelli - Carboni - Cavi - Cementi, colle, luti, mastici - Condotture - Dinamo e motori - Elettrochimica - Elettrometallurgia - Filamenti per lampade - Forni - Galvanoplastica - Illuminazione - Industrie elettriche - Isolanti - Manutenzione, pulitura, detersione - Metallizzazione - Metallocromia - Pile - Pitture e vernici - Procedimenti elettrochimici - Saldatura, ecc. 2ª edizione rifatta. 1922, di pag. XI-757, con 2126 ricette e procedimenti pratici e 62 incisioni nel testo 25 —

Ricettario fotofrafico di L. SASSI, 5ª ediz., di pagine XXXII-362 . . . . 14 —

Ricettario industriale di I. GHERSI, 8ª edizione rimodernata ed accresciuta comprendente 9790 procedimenti utili nelle grandi e piccole industrie, nelle arti e nei mestieri. Pag. IV-1670 con 75 incisioni . 46 —

Ricettario pratico per le industrie tessili e affini di O. GIUDICI, di pag. VIII-270 (in ristampa).

Ricettario pratico di metallurgia, finiture e preservazione delle superfici metalliche di A. MASSENZ. Raccolta di cognizioni indispensabili agli operai fonditori, meccanici, tornitori, aggiustatori, fabbri, piccole industrie, dilettanti, studiosi. 2ª edizione completamente rifatta (in sostituzione del manuale del Belluomini), di pag. XX-384, con 35 incisioni . . . . 16 —

Rifiuti e residui (Raccolta e usi di) per l'alimentazione dell'uomo e del bestiame, per la concimazione e per varie industrie agricole (1914-1922) con speciale riguardo all'agricoltura italiana, di A. BRUTTINI, di pagine XI-448, con 19 figure ed una tabella fuori testo . . . . 18 —

Rimedi. L'arte di prescriverli e di applicarli, di G. MALACRIDA, di pag. 400 . . . . 6 —

Riscaldamento, ventilazione e impianti di motori di C. RUMOR e H. STROMENGER, pag. XVI-270 . . 7 50

Riscaldamento elettrico domestico ed industriale. Memorie e dati pratici per il Costruttore e Montatore elettricista. 1924, di pag. XX-279, con 77 inc. nel testo e 106 tabelle . . . . 15 —

Riscaldamento elettrico nella economia domestica di P. VEROLE, 3ª edizione di pag. 216 con 216 incisioni 7 50

Riso (Tecnologia del), di U. DAL BUONO, di pag. 176 con 75 incisioni e tavole 9 50

Risorgimento italiano 1814-1871 di F. QUINTAVALLE, di pag. XVI-528 (in ristampa).

Ristauratore dei dipinti — vedi: Restauratore.

Ritmica musicale di A. TACCHINARDI, di pag. XVI-250 5 —

Rocce. Concetti e nozioni di petrografia di E. ARTINI, di p. xx-653, con 134 figure nel testo e 32 tavole . 18 50

Roentgen tecnica (I fondamenti della), di J. SCHINCAGLIA 2ª ediz. di pag. XII-304 con 132 incisioni e 52 tavole . . . . 20 —

Röntgen — vedi: Raggi di - Luce e salute - Radioattività.

Rose. Storia, coltivazione, varietà di G. GIRARDI, di pagine XVIII-284 con 96 illustraz. e 8 tavole (esaurito).

Rovine del Palatino di C. CANCOGNI, con pref. di P. Lanciani di pag. xv-178, 44 tav. e una pianta . . 7 —

Saggiatore (Man. del) di F. BUTTARI, di pag. VIII-245 2 50

Saldatura autogena (Man. pratico di), di R. GRANJON, ROSEMBERG e F. PANDINI. Compilata sulla 3ª edizione francese con note originali ed appendice sul taglio dei metalli. Pag. XXXVI-1068 e 365 inc. nel testo . . . . 35 —

Sale e saline di A. DE GASPARIS, pag. VIII-358 e 24 fig. 4 50

Salsamentario di L. MANETTI (in ristampa).

San Giovanni, il Discepolo che Gesù amava di G. M. ZAMPINI, di pag. XII-314 . . . . . . 7 50

San Paolo, Epistole di G. M. ZAMPINI, 2ª ediz. curata da L. ASIOLI. 1924. di pag. xv-357 . . . . . . 16 —

San Pietro «a cui Nostro Signore lasciò le chiavi». Epistole di G. M. ZAMPINI. Pag. XII-380 . . . 12 50

Sanscrito (Studio del) di F. G. FUMI, 3ª ediz. di pagine XVI-345 . . . . 6 —

Saponi (L'industria dei) di V. SCANSETTI, con prefazione di E. MOLINARI, 3ª ediz. riveduta, di pag. XXIV-550 e 131 incisioni . . . . 18 —

Saponi da toeletta di C. FRANCHI, di pag. 482, con 59 incisioni 9 50

Sarto tagliatore italiano (Il) di G. PETERLONGO, 2ª ediz. ampliata, di pag. XII-240 con 48 tavole . . 10 50

Scacchi (A. B. C. del gioco degli) di U. PASQUINELLI. Volume di pag. XII-200, con 5 incisioni 9 50

Scacchi (Il giuoco degli) di L. MILIANI, 5ª edizione, rifatta e notevolmente ampliata con appendice «Curiosità scacchistiche». 1922, di pag. VIII-552 24 —

Scafi — vedi: Arte navale - Costruttore navale

Scenografia di G. FERRARI (esaurito).

Scherma italiana di J. GELLI. 3ª edizione riveduta, di pag. 250 con 108 incisioni . . . . 6 —

Scienza attuariale (Nozioni di). Matematica delle assicurazioni, di G. MINUTILLI, di pag. XIII-329 . 8 —

Scienze (Le) **esatte nell'antica Grecia** di G. LORIA, 2ª edizione di pag. XXIV-974 . . . . 18 —

Scienze giuridiche ed economiche in conformità dei progr. minist. ad uso degli Istituti tecnici, Licei moderni e Scuole di Commercio, di G. TRESPOLI di pag. XXIV-574, con 18 tavole colorate . . . . 16 —

Scienze occulte (Dizionario di). Piccola enciclopedia di opere e fatti concernenti la magia, l'astrologia, l'alchimia, la chiromanzia, la metoscopia, la fisiognonomica, la frenologia, l'oneiromanzia, la necromanzia, la cabala, la demonologia, lo spiritismo e la teosofia, di A. PAPPALARDO. 2ª edizione riveduta e corretta. 1922, di pag. VIII-365 . . . . . . 14 —

Scienze occulte — vedi: Chiromanzia - Fisionomia - Grafologia - Magnetismo - Occultismo - Spiritismo - Telepatia.

Scoutismo. Nozioni pratiche ad uso dei giovani esploratori ital., di F. ROMAGNOLI, di pag. 598, c. 132 incisioni e 51 tavole . . . . 10 —

Scrittura a macchina — vedi: Dattilografia.

Scrittura doppia americana di C. BELLINI, 4ª edizione accresciuta, di pag. XII-176 . . . . . . 12 —

Scritture d'affari di D. MAFFIOLI, 6ª ed. di pag. VIII-221 4 50

Scultura italiana antica e moderna di A. MELANI, 3ª edizione di pag. XXXII-692 con 170 tavole e 40 figure . . . . 32 —

Segnalazioni marittime — vedi: Arte navale.

Selenio di U. BIANCHI di pag. VIII-136, con 37 incisioni 4 —

Selfacting o filatoio intermittente di L. TONELLI, di pag. VIII-159 e 41 incisioni . . . . 5 —

Selvicoltura, estimo e economia forestale di A. SANTILLI, 2ª edizione (esaurito).

Selvicoltura — vedi: Boschi e pasc. - Consorzi di dif. del suolo – Coltura montana – Pino da pinoli – Prontuario del forestale – Stime forestali.

Semejotica. Esame degli infermi, di U. GABBI, 2ª ediz., di pag. XVI- 216 e 11 incisioni 6 50

Semiografia musicale di G. GASPERINI, pag. VIII-317 10 —

Serbo — vedi : Dizionario jugoslavo - Grammatica serba.

Seta (Industria della) di L. GABBA, 2ª ediz.. . . . 2 —

Seta — vedi ai singoli titoli: Bachi da seta - Filatura e torcitura - Tessitura - Tintura - Ricettari domestico e industriale.

Seta artificiale di G. B. BACCIONI, di pag. VIII-221 . 7 —

Sfere cosmografiche e geografia matematica di L. A. ANDREINI, di pag. XXIX-326 e 12 incisioni . . 3 —

Shakespeare di DOWDEN, trad. Balzani (esaurito).

Siderurgia moderna di E. GARUFFA. Fabbricazione della ghisa, del ferro, dell'acciaio. Pag. XXII-1033 con 992 incisioni . . . . 48 —

Siderurgia — vedi: Chimico siderurgico.

Sieroterapia di E. REBUSCHINI, di pag. VIII-424 . . 6 —

Sifilide (Patol, e terapia della) di A. PASINI, 2ª ediz. rifatta, di pag. XII-175 . . . . 8 —

Simboli (Dizionario illustrato dei) di G. RONCHETTI. Simboli - Emblemi - Attributi - Allegorie - Immagini degli Dei, ecc. Pag. VIII-1009, con 91 tavole 42 —

Sinonimi latini di D. FAVA, di pag. LXIV-114 . . . 1 50

Sintassi francese razionale pratica di D. RODARI, di pag. XVI-206 . . . . 1 50

Sintassi greca di V. QUARANTA, di pag. XVIII-175 . 1 50
Sintassi latina di T. G. PERASSI, 2ª ediz., di pag. VII-168 3 —
Sismologia di L. GATTA, di pag. VIII-175 e 16 incisioni 1 50
Sismologia moderna di G. B. ALFANO, di pag. XII-357 10 —
Sistemazione dei torrenti e dei bacini montani di C. VALENTINI, di pag. XII-298 con 165 inc. e 46 tavole (in ristampa).
Smacchiatura industriale e casalinga di abiti, ecc., di G. TISCORNIA pag. XII-219, 13 fig. (esaurito).
Smalto (Industria dello), di E. VERMA, di pag. 246 e 30 incisioni 7 50
Soccorsi d'urgenza di C. CALLIANO. 10ª edizione riveduta ed ampliata, a cura di B. ANGLESIO, di pagine XXIX-499, con 135 illustrazioni . . . . . . 18 —
Società industriali per Azioni — vedi: Borsa e Valori.
Soffitti decorativi di D. FRAZZONI, con 200 tavole . 12 50
Somalo (Elementi di) vedi Grammatica somala.
Sordo-muto e sua istruzione, di P. FORNARI, di pagine VIII-232 e 11 incisioni. . . . . 2 —
Sostanze alimentari — vedi: Vigilanza igienica sulle - Bromatologia - Conservazione delle.
Sottomarini — vedi: Nave subacquea.
Sovratensioni negli impianti elettrici. Cause, effetti e protezioni. E. PIAZZOLI, di pag. XVI-401 e 125 figure . . . . 10 —
Spagnuolo — v. Espanol - Gramm. spagnuola - Lingua spagn.
Spazio e tempo (Nuova teoria dello). Studio filosofico, di C. RANZOLI. Pag. XIV-186 . . . . 9 60
Specchi (Fabbricazione degli) **e la decorazione del vetro e del cristallo** di R. NAMIAS, 2ª ediz. rifatta, di pag. XII-195 con 26 incisioni e 11 tavole 5 —
Specialità medicinali (Formulario delle) di C. CRAVERI, di pag. XX-524 (in ristampa).
Speleologia, Studio delle caverne, di C. CASELLI, di pagine XII-163 . . . . 1 50
Spettrofotometria applicata di G. GALLERANI, di pagine XIX-395, con 92 incisioni e 3 tavole . . . 3 50
Spettroscopio e sue applicazioni di R. A. PROCTOR, trad. di F. PORRO, di pag. VI-179 e 71 inc. (esaurito).
Spiritismo di A. PAPPALARDO, 6ª ediz. aumentata, di pagine XVI-328 con 10 illustrazioni . . . . . . 14 —
Sports invernali. Pattinaggio, slitta, ecc., di N. SALVANESCHI, di pag. XV-171 e 100 illustrazioni . . 4 —
Stampaggio a caldo e bulloneria di G. SCANFERLA, di pag. VIII-160 e 62 incisioni . . . . . . 4 —
Stampe — vedi: Amatore di stampe.
Stati del mondo (Gli) di G. GAROLLO. Notiziario statist. 1 —
Statica — vedi : Meccanica razionale.
Statistica di F. VIRGILII, 9ª edizione di pag. XII-238 . 7 50
Statmografia di G. ROSSI, di pag. XII-214 . . . . 3 —
Stearineria — vedi: Candele.

Stenografia (Guida allo studio della) di A. NICOLETTI, 14ª edizione, riveduta da D. NICOLETTI, di pag. 170 6 —
Stenografia (Esercizi di lettura e scrittura) di A. NICOLETTI, 7ª edizione di pag. VIII-160 . . . . . 6 —
Stenografia. Antologia sten. di E. MOLINA (in ristampa).
Stenografia. Dizionario etimologico stenografico sistema Gabelsberger-Noë, di E. MOLINA, 2ª ediz. di pag. LXIV-624 . . . . 28 —
Stenografia. L'abbreviazione logica nella stenografia, di D. NICOLETTI, di pag. VIII-123 . . . . . 3 —
Stenografo pratico di L. CISTOFOLI. L'abbreviazione logica, sigle parlamentari, 2ª ediz. di pag. XII-130 6 —
Stereometria applicata allo sviluppo dei solidi e loro costruzione in carta, di A. RIVELLI, di pag. 90, con 92 incisioni e 41 tavole . . . . 5 —
Stili (Arte di distinguere gli) di A. MELANI:
Vol. I. **Architettura, scoltura, arte decorativa.** Legno metalli, tessuti, ecc.) (in ristampa).
Vol. II. **Legni e metalli, mobili, ferri, bronzi, stagni, ori, argenti, smalti**, di pag. XX-604 con 516 inc. 16 50
Vol. III. **Terre, vetri, tessuti, varie.** (Ceramiche, porcellane, tessuti, stoffe, arazzi), di pag. XXII-558 con 265 incisioni e 24 tavole . . . . 28 —
Stili di Architettura (Gli) di B. CANELLA, 3ª ediz. di pag. XX-174, con 153 illustr. e 65 tavole . . . 13 50
Stilistica latina di A. BARTOLI. Pag. XV-210 . . . 1 50
Stime forestali. Cont., misur. e cub. dei legnami, imbosco, abb. e lavor. di O. FOGLI, di pag. 136 con numerose tabelle e incisioni . . . . 6 —
Stime di lavori edili di I. ANDREANI, di pag. 339 . 6 —
Storia dell'arte di G. CAROTTI:
Vol. I. **L'arte nell'Evo antico**, di pag. LV-413 (in ristampa).
Vol. II. **L'Arte nel Medio-evo:**
Parte I. **Arte cristiana** (in ristampa).
Parte II. **L'arte regionale italiana nel medio-evo**, di pag. 667 con 553 incisioni . . . . 20 —
Parte III. **L'Apogeo dell'arte italiana nel medio-evo**, di pag. 581 a 1390, con 591 incisioni . . . 25 —
Storia della chimica — vedi: Chimica.
Storia del commercio — vedi: Commercio.
Storia e cronologia medioevale e moderna di V. CASAGRANDI, 3ª edizione di pag. VIII-254 (esaurito).
Storia di Francia di G. BRAGAGNOLO, di pag. XVI-421 3 —
Storia della Geometria descrittiva dalle origini sino ai giorni nostri di G. LORIA, di pag. 608 con 24 fig. 25 —
Storia della guerra 1914-1918 — vedi: Cronistoria.
Storia d'Inghilterra di G. BRAGAGNOLO, di pag. XVI-367 6 —
Storia d'Italia di P. ORSI, 6ª edizione, continuata fino al 1922, di pag. VIII-298 . . . . 9 —
Storia delle matematiche (Guida allo studio della) di G. LORIA, di pag. XVI-227 . . . . 5 —

Telefonia senza filo di U. Bianchi, pag. 312 e 200 fig. 10 —
Telefono (Il) di G. Motta, 2ª ediz. rifatta dagli ingg. Annigoni e Ferrerio, di pag. XVI-588 con 29 inc. e 16 grandi tavole . . . . 26 —
— vedi anche Suonerie.
Telegrafia elettrica (Manuale completo teorico-pratico di) di O. Perdomini (d'imminente pubblicazione).
Telegrafista (Guida del), di G. Cantani, 4ª edizione, di pag. 255 con 138 incisioni (esaurito).
Telegrafo senza fili di O. Murani. 4ª edizione (1923) del manuale «*Onde Hertziane e telegrafia senza fili*», riveduta ed accresciuta dall'autore, di pag. XVI-521, con 282 incisioni. 18 50
Telemetrica per pratica e per studio di G. Del Fabro. Pag. XVI-400, con 179 incis. e tav. diagr. . 13 50
Telepatia. Trasmissione del pensiero di A. Pappalardo, 4ª edizione, di pag. XVI-393 . . . . 12 50
Tempera — vedi: Acciaio.
Tennis (Il) di A. Bonacossa e G. Porro Lambertenghi, di pag. XX-240 con 84 illustraz. (in ristampa).
Teoria dei numeri di U. Scarpis, di pag. VIII-152 . 1 50
— vedi anche: **Numeri primi.**
Teoria delle ombre e del chiaroscuro di E. Bonci, 4ª ediz. di pag. XVI-334 con 124 fig. e 17 tav. . 15 —
Teosofia (Elementi di), di C. Jinarajadasa, di pagine VI-342 . . . . 16 —
Terapeutica — vedi ai singoli titoli : Chimica clinica - Chimica legale - Farmacista - Farmacoterapia - Medicina d'urgenza - Medico pratico - Organoterapia - Posologia rimedi - Rimedi.
Termodinamica — vedi: Forza motrice.
Terreno agrario. Chimica del terreno, di A. Funaro, di pag. VIII-200 . . . . 2 —
Tessili — vedi: Tecnologia per giovani - Tessitura - Filatura.
Tessitore (Man. del), di P. Pinchetti, 3ª ediz., di pagine XVI-298 e illustr. (esaurito).
Tessitore — vedi: Apparecchiatura dei tessuti - Industrie tessili.
Tessitura meccanica della lana e del cotone di E. G. Franzi, di pag. VII-329 (esaurito).
Tessitura meccanica della seta di P. Ponci, di pagine XII-346 e 179 incisioni 8 50
Tessuti (Man. del compositore di) di P. Pinchetti, di pag. VIII-321, illustrato da 2000 armature . . . 12 50
Tessuti di lana (Apparecchiatura dei), di G. Strobino. Pag. VIII-618 con 404 incisioni . . . . 16 —
Tessuti di lana e cotone (Analisi e fabbricazione), di O. Giudici, di pag. XII-864, con 1098 incisioni (in rist.).
Testamenti (Manuale dei) di G. Serina, 3ª ediz. riveduta ed ampliata, di pag. XVI-380 . . . . . 6 —
Tigré italiano. Idiomi parlati in Eritrea, con 2 dizionari, di M. Camperio, di pag. 180 . . . . . 2 50
Tinte nella pittura (La composizione delle) **a olio e ad acquarello,** di G. Ronchetti, 2ª ediz. riveduta di pag. VIII-186 . . . . 8 50

Tintore (Man. del) di R. LEPETIT, 4ª ediz. (in ristampa).
Tintura della seta di T. PASCAL (esaurito).
Tipografia di S. LANDI, 2 volumi:
Vol. I. **Guida per chi stampa e fa stampare**, 2ª ediz. postuma, di pag. XXII-279 . . . . . . 6 50
Vol. II. **Lezioni di composizione**, 2ª ediz. postuma, con appendice - Linotvpe - Monotvpe - Letteratipo - Vocabolarietto tecnico, di pag. 370 . . . 6 50
Tiro a segno nazionale di A. BRUNO, di pag. VIII-335 6 —
Tisi (Come si vince la). Profilassi e diagnosi di F. MOTTOLA e pref. di A. De Giovanni, di pag. XII-208 . 4 —
Tisici e sanatori di A. ZUBIANI, con pref. di B. Silva, di pag. XLI-240 (esaurito).
— vedi: Tubercolosi.
Topografia (Man. di) di G. DEL FABRO 4ª ediz. riveduta ed aumentata con app. sulla fotogrammetria e stereofotogrammetria. Pag. XL-737 con 183 ill.. 30 —
Topografia (Guida pei calcoli di) di G. DEL FABRO, 2ª edizione rived ed ampl. di pag. XVI-236 con 84 inc. 15 —
— Vedi anche: Disegno topografico.
Topografia di Roma antica di L. BORSARI, di pag. VIII- 436 e 7 tavole (esaurito).
Tornitore meccanico (Guida del) di S. DINARO, 10ª ediz. riv. con appendice «La tornitura dei projettili per le artiglierie». Pag. 316 e 117 fig. (in ristampa).
Tornitore e fresatore (L'operaio). Manuale teorico pratico compilato da G. CODINI. 2ª ediz. di pag. 350, con 68 incisioni, 100 regole, 68 tabelle, 90 esempi 10 50
Torrenti — vedi: (Sistemazione dei).
Tracciamento delle curve delle ferrovie e strade calcolato nel modo più accurato per tutti gli angoli e raggi di G. H. KRÖHNKE, trad. di L. Loria, 4ª ediz. di pag. VII-167 . . . . 6 —
Tramvie — vedi: Ferrovie.
Trasporti aerei di G. CAPPELLONI, di pag. XVI-367, con 259 figure (d'imminente pubblicazione).
Trasporti, tariffe e reclami ferroviari di E. PELLIZZARO, di pag. XVI-319. . . . . 6 —
Trazione elettrica su ferrovie e tramvie di P. OPPIZZI. Costruzione ed esercizio delle elettrovie di pagine XII-647 con 347 incisioni e 5 tavole . . 32 —
Trazione ferroviaria (Problemi grafici), di P. OPPIZZI, di pag. VII-204 con 2 tav. e 51 fig. . . . 7 —
Trazione a vapore sulle ferrovie ordinarie di G. OTTONE, di pag. LXVIII-469 . . . . 9 —
Triangolazioni topografiche e catastali di O. JACOANGELI, di pag. XVI-340 e 33 incisioni . . . 18 —
Trigonometria piana (Esercizi di) di C. ALASIA, di pag. XVI-292 e 30 inc. (in ristampa).
Trigonometria sferica — vedi: Astronomia nautica.
Trine e fuselli di G. ROMANELLI-MARONE, di pag. VIII-331 e 200 illustrazioni. 4 50

Tubercolosi (La), di M. VALTORTA e G. FANOLI, con prefazione di A. Murri, di pag. XIX-291 e 11 tavole . 4 —
Turbine a vapore di E. GARUFFA con un capitolo sulle turbine a gas. Teoria - Calcolazione - Costruzione, di pag. XVI-782 con 536 incisioni e tav. fuori testo 28 —
Turco parlato. Grammatica, dialoghi, vocabolario, di L. BONELLI e S. JASIGIAN di pag. VIII-343. . . 8 —
Uccellatore (Manuale dell') di G. FRANCESCHI. Pag. XVI-271 con 83 inc. e tavola . . . . 15 —
Uccelli canori di A. H. ASCHENBRUNNER e L. GHIDINI. 1924, di pag. 277, con 49 inc. nel testo 12 50
Unità assolute. Definizione, dimensione, problemi, di G. BERTOLINI, di pag. X-124 . . . . 2 50
Uomo d'affari — vedi: Affari.
Uovo (L') di gallina. Conservazione e commercio, di C. VIVIANI, di pag. 394 con 48 incisioni 6 50
Urologia chimica e microscopica di P. E. ALESSANDRI, di pag. 485, con 144 incisioni e 2 tavole . . 12 —
Usi mercantili riconosciuti dalle Camere di Commercio in Italia di G. TRESPIOLI, di pag. 623 . 12 —
Uve da tavola. Coltivazione e commercio, di D. TAMARO, 3ª ediz. di pag. XVI-278, 8 tav. e 57 . . . 9 —
Vademecum dell'infermiera — vedi: Infermiera.
Vademecum dell'uomo d'affari di C. DOMPÉ, 3ª edizione., di pag. 562 . . . . 18 50
Vangelo (Manuale del) di G. M. ZAMPINI (in ristampa).
Ventagli, tabacchiere, scatole, tavolette, astucci, smalti, di L. DE MAURI (E. Sarasino). Elenchi, simboli, marche. 1923, di pag. XVI-236, con 48 tavole buona parte a colori e numerose incisioni nel testo, legatura amateur. 22 50
— *vedi anche* Amatore di oggetti d'arte e curiosità – Raccoglitore di oggetti minuti – Stili (Come distinguere gli).
Ventilatori industriali di A. ALBERT, di pag. 400, con 178 incisioni 7 50
Verbi francesi regolari, irregolari e difettivi di C. DOMPÉ, 2ª ediz. di pag. 170 . . . . 6 —
Verbi greci anomali d P. SAGNOTTI, (in ristampa).
Verbi italiani di E. POLCARI, di pag. XII-260 . . . 3 —
Verbi latini di forma particolare nel perfetto e nel supino di A. PAVANELLO, di pag. VI-215 . . . 3 —
Vernici, lacche, mastici e inchiostri da stampa. Fabbricazione, ecc., di U. FORNARI, 3ª edizione, di pag. XVI-272 (in ristampa).
Vernici — vedi: Colori e vernici - Pittura murale - Ricettario industriale.
Veterinario (Man. del) di C. ROUX e V. LARI, di pag. XX-356 e 16 figure (in ristampa).
Vigilanza igienica sulle sostanze alimentari, di TOGNOLI, di pag. XXIV-469 . . . . 9 50
Vigile urbano (Vademecum pel) di G. SACCHIERO, di pag. XIV-178 . . . . 1 50
Villini — vedi: Casette.

in-16, di pag. VIII-403 e 823 inc. e pref. del prof. G. Colombo . . . . 36 —
Vol. II. **Elettrotecnica**, con circa 1000 inc. e numerose formule di pag. XII-100, a 2 e a 4 colonne . 229 —
Vol. III. **Caldaie a vapore, Macchine a vapore, Turbine a vapore**, di pag. XI-1322, con 3500 incis. 120 —
Vol. IV. **Motori a combustione**, di pag. X-618 con 1000 incis. e numerose formule . . . . . . 52 —
Vol. V-VI. **Ferrovie: Costruzione ed esercizio Materiale mobile**, con 3500 incisioni 141 50
Vol. VII. **Apparecchi di sollevamento e mezzi di trasporto**, di pag. 650, con oltre 1500 incisioni . . 58 —
Vol. VIII. **Il calcestruzzo armato nelle costruzioni**, di circa 600 pagine, con oltre 1200 incisioni 38 —
Vol. IX. **Macchine utensili**, di pag. X-706, con 2400 incisioni . . . . 65 —
Vol. X. **Veicoli a motore (automobili, motoscafi, aeronautica ed aviazione)**, con 1773 incisioni . . 95 —
Vol. XI. **Siderurgia**, di pag. XII-785 con 1600 inc. 88 —
Vol. XII. **Idraulica, Pneumatica, Industria frigorifera**. Pag. 1800 con 2075 incisioni. . . . 190 —
Vol. XIII. **Costruzioni civili**, di pag. 1043 e 2600 incisioni . . . . 110 —
Vol. XIV. **Industrie tessili** (Materie prime) . . 120 —
Vol. XV-XVI. **Industria tessile** (Filatura tessitura) (in preparazione).

Zebre (Le) di A. GRIFFINI. Studio zoologico popolare illustrato di pag. XXVIII-298, con 41 tavole . . . 8 —
Zinco. Caratteri e proprietà di R. MUSU-BOY, di pagine XVI-219, 10 incisioni e 4 tavole . . . . . . 7 —
Zolfo (Miniere di), di G. CAGNI, di pag. XII-275 e 34 incisioni . . . . 3 —
Zoonosi di G. GALLI VALERIO, di pag. XV-227 . . . 1 50
Zootecnia di G. TAMPELLINI, 2ª ediz., di pag. XV-444, 179 incisioni e 12 tavole (in preparazione).
Zucchero (Industria dello):
I. **Coltivazione della barbabietola da zucchero**, di B. R. DEBARBIERI, di pag. 220 . . . . 3 50
II. **Commercio, importanza economica e legislazione doganale**, di L. FONTANA-RUSSO, di pagine XII-244 . . . . 2 50
III. **Fabbricazione dello zucchero di barbabietola** di A. TACCANI, di pag. XII-228 con 71 inc. (esaurito).
Zucchero e alcool nei loro rapporti agricoli, fisiol., e soc., di L. LAURETI, di pag. XVI-426 . . . . 10 —

INDICE ALFABETICO PER AUTORI

(I numeri indicano le pagine).

